정책결정자를 위한 요약본

Summary for Policymakers

VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

SPM

정책결정자를 위한 요약본

저자:

Almut Arneth (독일), Humberto Barbosa (브라질), Tim Benton (영국), Katherine Calvin (미국), Eduardo Calvo (페루), Sarah Connors (영국), Annette Cowie (호주), Edouard Davin (프랑스/스위스), Fatima Denton (잠비아), Renée van Diemen (네덜란드/영국), Fatima Driouech (모로코), Aziz Elbehri (모로코), Jason Evans (호주), Marion Ferrat (프랑스), Jordan Harold (영국), Eamon Haughey (아일랜드), Mario Herrero (호주/코스타리카), Joanna House (영국), Mark Howden (호주), Margot Hurlbert (캐나다), Gensuo Jia (중국), Tom Gabriel Johansen (노르웨이), Jagdish Krishnaswamy (인도), Werner Kurz (캐나다), Christopher Lennard (남아프리카), Soojeong Myeong (대한민국); Nagmeldin Mahmoud (수단), Valérie Masson- Delmotte (프랑스), Cheikh Mbow (세네갈), Pamela McElwee (미국), Alisher Mirzabaev (독일/우즈베키스탄), Angela Morelli (노르웨이/이탈리아), Wilfran Moufouma-Okia (프랑스), Dalila Nedjraoui (알제리), Suvadip Neogi (인도), Johnson Nkem (카메룬), Nathalie De Noblet-Ducoudré (프랑스), Lennart Olsson (스웨덴), Minal Pathak (인도), Jan Petzold (독일), Ramón Pichs-Madruga (쿠바), Elvira Poloczanska (영국/호주), Alexander Popp (독일), Hans-Otto Pörtner (독일), Joana Portugal Pereira (영국), Prajal Pradhan (네팔/독일), Andy Reisinger (뉴질랜드), Debra C. Roberts (남아프리카), Cynthia Rosenzweig (미국), Mark Rounsevell (영국/독일), Elena Shevliakova (미국), Priyadarshi Shukla (인도), Jim Skea (영국), Raphael Slade (영국), Pete Smith (영국), Youba Sokona (말리), Denis Jean Sonwa (카메룬), Jean-Francois Soussana (프랑스), Francesco Tubiello (미국/이탈리아), Louis Verchot (미국/콜롬비아), Koko Warner (미국/독일), Nora Weyer (독일), Jianguo Wu (중국), Noureddine Yassaa (알제리), Panmao Zhai (중국), Zinta Zommers (라트비아).

This Summary *for Policymakers should be cited as:*
IPCC, 2019: Summary for Policymakers. In: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.- O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press.

SPM

Summary for Policymakers

Drafting Authors:

Almut Arneth (Germany), Humberto Barbosa (Brazil), Tim Benton (United Kingdom), Katherine Calvin (The United States of America), Eduardo Calvo (Peru), Sarah Connors (United Kingdom), Annette Cowie (Australia), Edouard Davin (France/Switzerland), Fatima Denton (The Gambia), Renée van Diemen (The Netherlands/United Kingdom), Fatima Driouech (Morocco), Aziz Elbehri (Morocco), Jason Evans (Australia), Marion Ferrat (France), Jordan Harold (United Kingdom), Eamon Haughey (Ireland), Mario Herrero (Australia/Costa Rica), Joanna House (United Kingdom), Mark Howden (Australia), Margot Hurlbert (Canada), Gensuo Jia (China), Tom Gabriel Johansen (Norway), Jagdish Krishnaswamy (India), Werner Kurz (Canada), Christopher Lennard (South Africa), Soojeong Myeong (Republic of Korea), Nagmeldin Mahmoud (Sudan), Valérie Masson-Delmotte (France), Cheikh Mbow (Senegal), Pamela McElwee (The United States of America), Alisher Mirzabaev (Germany/Uzbekistan), Angela Morelli (Norway/Italy), Wilfran Moufouma-Okia (France), Dalila Nedjraoui (Algeria), Suvadip Neogi (India), Johnson Nkem (Cameroon), Nathalie De Noblet-Ducoudré (France), Lennart Olsson (Sweden), Minal Pathak (India), Jan Petzold (Germany), Ramón Pichs-Madruga (Cuba), Elvira Poloczanska (United Kingdom/Australia), Alexander Popp (Germany), Hans-Otto Pörtner (Germany), Joana Portugal Pereira (United Kingdom), Prajal Pradhan (Nepal/Germany), Andy Reisinger (New Zealand), Debra C. Roberts (South Africa), Cynthia Rosenzweig (The United States of America), Mark Rounsevell (United Kingdom/Germany), Elena Shevliakova (The United States of America), Priyadarshi R. Shukla (India), Jim Skea (United Kingdom), Raphael Slade (United Kingdom), Pete Smith (United Kingdom), Youba Sokona (Mali), Denis Jean Sonwa (Cameroon), Jean-Francois Soussana (France), Francesco Tubiello (The United States of America/Italy), Louis Verchot (The United States of America/Colombia), Koko Warner (The United States of America/Germany), Nora M. Weyer (Germany), Jianguo Wu (China), Noureddine Yassaa (Algeria), Panmao Zhai (China), Zinta Zommers (Latvia).

This Summary for Policymakers should be cited as:

IPCC, 2019: Summary for Policymakers. In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.- O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press.

머리말

기후변화와 토지에 관한 본 특별보고서[1]는 2016년 제6차 평가 주기 동안 세 개의 특별보고서[2]를 작성하기로 협의체(Panel)가 내린 결정에 대한 대응으로, 각 정부와 옵저버 기관의 제안을 반영한 것이다[3]. 이 보고서는 토지에 기반한 생태계에서의 온실가스(GHG, greenhouse gas) 플럭스, 토지이용 및 지속가능한 토지관리를[4]기후변화 적응과 완화, 사막화[5], 토지 황폐화[6], 식량안보와 관련하여 전달하고 있다[7]. 이 보고서는 IPCC *지구 온난화 1.5℃ 특별보고서*(SR15), 토지 황폐화 및 복원에 대한 IPBES(Intergovernmental Science Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services)의 주제 평가, 생태계 다양성 및 생태계 서비스에 대한 IPBES 전 지구 평가, 사막화 방지를 위한 UN 회의에 대한 국제 토지 전망(UNCCD)을 포함한 최근 보고서에 이어 나온 것이다. 이 보고서는 현재까지 지식에 대한 최신 평가를 담고 있으며[8] 최근에 발행된 기타 보고서와 일관성과 보완성을 유지하기 위해 노력하였다.

이 정책결정자를 위한 요약본(SPM)은 '*A) 온난한 지구의 인간과 토지, 그리고 기후, B) 적응과 완화 대응 옵션, C) 대응 옵션의 활성화 및 D) 단기간 내 가능한 활동*' 네 부분으로 이루어져 있다.

핵심내용들의 신뢰도는 IPCC에서 합의된 용어로 제시된다.[9] 각 핵심내용의 과학적 근거는 본 보고서를 참조(reference)로 표시한다.

---

[1] 생물권의 육상 부분으로, 천연자원(토양, 지표 공기, 식생 및 기타 생물군, 물), 생태학적 과정, 지형, 인간 거주지 및 그 시스템 내에 작동하는 기반시설로 구성된다.

[2] 세 개의 특별보고서: "지구 온난화 1.5 ℃. 기후변화 위협에 대한 전지구적 대응강화, 지속가능한 발전, 빈곤 퇴치 노력 측면에서 산업화 이전 수준 대비 지구온난화 1.5 ℃의 영향과 관련 온실가스 배출 경로에 대한 IPCC 특별보고서"; "기후변화와 토지: 육상생태계의 기후변화, 사막화, 토지 황폐화, 지속가능한 토지관리, 식량안보, 온실가스 플럭스에 대한 IPCC 특별보고서"; "변화하는 기후에서 해양 및 빙권"

[3] 관련 제안서: 기후변화와 사막화; 지역적 양상을 띈 사막화; 토지 황폐화 – 완화와 적응을 위한 상호 연결 및 통합적 전략에 대한 평가; 농업, 임업 및 기타 토지이용; 식량과 농업; 식량안보와 기후변화

[4] 이 보고서에서 규정하는 지속가능한 토지관리란, "인간의 변화하는 필요를 충족시키기 위해 토양, 물, 동식물 등 토지자원을 이용하고 관리하는 것이며, 이와 동시에 이러한 자원의 장기적 생산 잠재성을 보장하고 환경 관련 기능을 유지하는 것"을 말한다.

[5] 이 보고서에서 규정하는 사막화란 '건조, 반건조, 건조 아습 지역의 토지 황폐화를 말하며, 기후변동과 인간활동 등 수많은 요소에 기인한다.'

[6] 이 보고서에서 규정하는 토지 황폐화란, '토지상태의 부정적 경향을 말하며, 이는 생물학적 생산성, 생태적 온전성, 또는 인간에 대한 가치 중 최소한 한 가지의 장기적 감소 및 손실로 표현되며, 기후변화 등 직접 또는 간접적으로 인간이 유발하는 과정에 의해 일어난다.

[7] 이 보고서에서 규정하는 식량안보란, '활력 있고 건강한 삶을 위한 모든 인간의 식이 요구량과 식품 선호도를 충족시키기에 충분하고 안전하며 영양가 높은 식품에 대해 물리적, 사회적, 경제적 접근이 언제든지 가능한 상황을 말한다.

[8] 평가 대상 문헌은 2019년 4월 7일까지 출간이 승인된 것이다.

[9] 각 연구결과는 근거와 동의 수준의 평가에 근거한다. 신뢰 수준은 다섯 단계로 구분된다. 즉, 매우 낮음(very low), 낮음(low), 중간(medium), 높음(high), 매우 높음(very high)이며, "*중간 신뢰도*"처럼 이탤릭체로 표시된다. 다음의 다섯 가지 용어를 이용하여 성과 또는 결과에 대한 평가 가능성을 표시하였다: 사실상 확실함(virtually certain) 99-100%, 매우 가능성 높음 90-100%, 가능성 높음 66-100%, 가능성 있음 33-66%, 가능성 낮음 0-33%, 매우 가능성 낮음 0-10%, 가능성이 희박함 0-1%. 경우에 따라 추가 표현(굉장히 가능성 높음 95-100%, 발생 가능성이 상대적으로 높음 >50-100%, 발생 가능성이 상대적으로 낮음 0-<50%, 굉장히 가능성 낮음 0-5%)도 사용 가능하다. 평가 가능성은 이탤릭체로, 가령, "*가능성 높음*"로 표시한다. 이는 IPCC AR5와 동일하게 적용된다.

Introduction

This Special Report on Climate Change and Land[1] responds to the Panel decision in 2016 to prepare three Special Reports[2] during the Sixth Assessment cycle, taking account of proposals from governments and observer organisations.[3] This report addresses greenhouse gas (GHG) fluxes in land-based ecosystems, land use and sustainable land management[4] in relation to climate change adaptation and mitigation, desertification,[5] land degradation[6] and food security.[7] This report follows the publication of other recent reports, including the IPCC *Special Report on Global Warming of 1.5°C* (SR15), the thematic assessment of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) on *Land Degradation and Restoration*, the IPBES *Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services*, and the *Global Land Outlook* of the UN Convention to Combat Desertification (UNCCD). This report provides an updated assessment of the current state of knowledge[8] while striving for coherence and complementarity with other recent reports.

This Summary for Policymakers (SPM) is structured in four parts: *A) People, land and climate in a warming world; B) Adaptation and mitigation response options; C) Enabling response options; and, D) Action in the near-term.*

Confidence in key findings is indicated using the IPCC calibrated language; the underlying scientific basis of each key finding is indicated by references to the main report.[9]

---

1 The terrestrial portion of the biosphere that comprises the natural resources (soil, near-surface air, vegetation and other biota, and water), the ecological processes, topography, and human settlements and infrastructure that operate within that system.

2 The three Special reports are: *Global Warming of 1.5°C: an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty; Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems; The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate.*

3 Related proposals were: climate change and desertification; desertification with regional aspects; land degradation – an assessment of the interlinkages and integrated strategies for mitigation and adaptation; agriculture, forestry and other land use; food and agriculture; and food security and climate change.

4 Sustainable land management is defined in this report as 'the stewardship and use of land resources, including soils, water, animals and plants, to meet changing human needs, while simultaneously ensuring the long-term productive potential of these resources and the maintenance of their environmental functions'.

5 Desertification is defined in this report as 'land degradation in arid, semi-arid, and dry sub-humid areas resulting from many factors, including climatic variations and human activities'.

6 Land degradation is defined in this report as 'a negative trend in land condition, caused by direct or indirect human induced processes, including anthropogenic climate change, expressed as long-term reduction and as loss of at least one of the following: biological productivity; ecological integrity; or value to humans'.

7 Food security is defined in this report as 'a situation that exists when all people, at all times, have physical, social, and economic access to sufficient, safe and nutritious food that meets their dietary needs and food preferences for an active and healthy life'.

8 The assessment covers literature accepted for publication by 7th April 2019.

9 Each finding is grounded in an evaluation of underlying evidence and agreement. A level of confidence is expressed using five qualifiers: very low, low, medium, high and very high, and typeset in italics, for example, medium confidence. The following terms have been used to indicate the assessed likelihood of an outcome or a result: virtually certain 99–100% probability, very likely 90–100%, likely 66–100%, about as likely as not 33–66%, unlikely 0–33%, very unlikely 0–10%, exceptionally unlikely 0–1%. Additional terms (extremely likely 95–100%, more likely than not >50–100%, more unlikely than likely 0–<50%, extremely unlikely 0–5%) may also be used when appropriate. Assessed likelihood is typeset in italics, for example, very likely. This is consistent with IPCC AR5.

A. 온난한 지구의 인간, 토지, 그리고 기후

A.1 토지는 생물다양성뿐만 아니라 식량공급, 담수와 기타 다양한 생태계 서비스 등 인간의 생계와 복지의 근간을 제공한다. 인간은 전 지구의 부동 지표면 중 70% (69%~76% *가능성 높음*) 이상에 직접적인 영향을 미친다(*높은 신뢰도*). 토지는 기후 시스템에도 중요한 역할을 한다. (그림 SPM.1) {1.1, 1.2, 2.3, 2.4}

A.1.1 인간은 현재 토지의 잠재적 순 일차 생산량의 1/4~1/3을[10] 식량, 사료, 섬유, 목재, 에너지를 얻는 데 사용한다. 토지는 문화 서비스 및 규제 서비스 등 인류에게 필수적인 기타 다양한 생태계 기능과 서비스의 기초를 제공한다[11](*높은 신뢰도*). 경제적 접근법에서, 지구의 육상생태계 서비스는 연간 세계 GDP(국내총생산)에 거의 상응한다고 매년 평가되어 왔다[12](*중간 신뢰도*). (그림 SPM.1) {1.1, 1.2, 3.2, 4.1, 5.1, 5.5}

A.1.2 토지는 온실가스(GHGs) 배출원인 동시에 흡수원이며 지표면과 대기 간 에너지, 물, 에어로졸의 교환에 중요한 역할을 한다. 토지 생태계와 생물다양성은 정도의 차이는 있지만 진행 중인 기후변화와 기상 및 기후 극단에 취약하다. 지속가능한 토지관리는 기후변화 등 생태계와 사회에 미치는 다수 스트레스 요인의 부정적 영향을 감소시키는 데 기여할 수 있다(*높은 신뢰도*). (그림 SPM.1) {1.1, 1.2, 3.2, 4.1, 5.1, 5.5}

A.1.3 1961년 이후 제공된 데이터에 따르면[13] 전 세계 인구 증가와 1인당 식량, 사료, 섬유, 목재, 에너지에 대한 소비 변화가 토지와 담수의 사용률을 전례 없는 수준으로 증가시켰고(*매우 높은 신뢰도*), 이 중 농업 분야가 전 세계 담수 사용의 약 70%를 차지하고 있다(*중간 신뢰도*). 상업적 생산 등 농업과 임업용 면적의 확대 및 농업과 임업의 생산성 개선은 인구 증가에 따른 소비와 식량의 가용성을 지원해 왔다(*높은 신뢰도*). 지역마다 차이가 크지만, 이러한 변화는 GHG 배출량 증가(*매우 높은 신뢰도*), 자연 생태계 손실(예: 산림, 사바나, 자연 초원, 습지)과 생물다양성 감소의 원인으로 작용해 왔다(*높은 신뢰도*). (그림 SPM.1) {1.1, 1.3, 5.1, 5.5}

A.1.4 1961년 이후 제공된 데이터에 따르면 1인당 식물성 기름과 육류 공급이 두 배 이상 증가하였으며, 1인당 식량 칼로리 공급은 약 1/3배 정도 증가하였다(*높은 신뢰도*). 현재 생산된 총 식량의 25%~30%는 손실되거나 낭비되고 있다(*중간 신뢰도*). 이러한 요인은 추가 GHG 배출과 연관된다(*높은 신뢰도*). 소비 패턴의 변화는 약 20억 명의 성인이 겪고 있는 과체중 또는 비만의 원인이 되었다(*높은 신뢰도*). 그러나 약 8.21억의 인구는 여전히 영양결핍 상태이다(*높은 신뢰도*). {1.1, 1.3, 5.1, 5.5, 그림 SPM.1}

A.1.5 지구상 부동 지역 중 약 1/4 정도는 인간에 의해 황폐화된다(*중간 신뢰도*). 토양의 생성률과 비교하여 농지의 토양 침식은 현재 10배~20배(경작하지 않을 시)에서 100배(전통적 방식으로 경작 시) 초과할 것으로 추정된다(*중간 신뢰도*). 기후변화는 토지 황폐화를 더욱 악화시키는데, 저지대 해안지역, 하천의 삼각주, 건조지, 영구동토 지역에서 특히 심각하다(*높은 신뢰도*). 1961년~2013년 동안 가뭄에 시달린 건조지의 연평균 면적이 1% 이상 증가해 왔고 경년변동이 크다. 2015년, 약 5억(3.8억~6.2억)의 인구가 1980년대~2000년대 사막화가 진행된 지역에 거주하고 있었다. 동남아시아, 북아프리카를 포함한 사하라 주변지역, 아라비아반도를 포함한 중동지역의 인구가 가장 많은 영향을 받았다(*낮은 신뢰도*). 기타 건조지역 역시 사막화를 겪었다. 이미 황폐화되었거나 사막화된 지역에 거주하는 사람들은 기후변화로 인해 갈수록 부정적인 영향을 받는다(*높은 신뢰도*). (그림 SPM.1) {1.1, 1.2, 3.1, 3.2, 4.1, 4.2, 4.3.1}

---

[10] 이 보고서에서 규정한 토지의 잠재적 일차 순 생산성(NPP)은, 토지이용 부재 시 명시된 시한 동안 발생하는 식물 호흡으로 손실된 탄소량을 제외한 광합성을 통해 축적된 탄소량을 말한다.

[11] 이러한 개념적 틀에서, IPBES는 생태계의 재화와 서비스를 포함하여 "인간에 대한 자연의 기여"라는 용어를 사용한다.

[12] 즉, 2007년 미국 달러 기준, 2011년 75조 달러로 추정된다.

[13] 이 내용은 1961년부터 FAOSTAT 내에 제공되는 국가 통계자료에서 얻은 가장 종합적인 데이터에 근거한다. 그러나 이는 1961년부터 변화가 시작되었다는 말은 아니다. 토지이용의 변화는 산업화 이전부터 지금까지 이루어지고 있다.

A. People, land and climate in a warming world

A.1 Land provides the principal basis for human livelihoods and well-being including the supply of food, freshwater and multiple other ecosystem services, as well as biodiversity. Human use directly affects more than 70% (*likely* 69–76%) of the global, ice-free land surface (*high confidence*). Land also plays an important role in the climate system. (Figure SPM.1) {1.1, 1.2, 2.3, 2.4}

A.1.1 People currently use one quarter to one third of land's potential net primary production[10] for food, feed, fibre, timber and energy. Land provides the basis for many other ecosystem functions and services,[11] including cultural and regulating services, that are essential for humanity (*high confidence*). In one economic approach, the world's terrestrial ecosystem services have been valued on an annual basis to be approximately equivalent to the annual global Gross Domestic Product[12] *(medium confidence*). (Figure SPM.1) {1.1, 1.2, 3.2, 4.1, 5.1, 5.5}

A.1.2 Land is both a source and a sink of GHGs and plays a key role in the exchange of energy, water and aerosols between the land surface and atmosphere. Land ecosystems and biodiversity are vulnerable to ongoing climate change, and weather and climate extremes, to different extents. Sustainable land management can contribute to reducing the negative impacts of multiple stressors, including climate change, on ecosystems and societies (high confidence). (Figure SPM.1) {1.1, 1.2, 3.2, 4.1, 5.1, 5.5}

A.1.3 Data available since 1961[13] show that global population growth and changes in per capita consumption of food, feed, fibre, timber and energy have caused unprecedented rates of land and freshwater use (*very high confidence*) with agriculture currently accounting for ca. 70% of global fresh-water use (*medium confidence*). Expansion of areas under agriculture and forestry, including commercial production, and enhanced agriculture and forestry productivity have supported consumption and food availability for a growing population (*high confidence*). With large regional variation, these changes have contributed to increasing net GHG emissions (*very high confidence*), loss of natural ecosystems (e.g., forests, savannahs, natural grasslands and wetlands) and declining biodiversity (*high confidence*). (Figure SPM.1) {1.1, 1.3, 5.1, 5.5}

A.1.4 Data available since 1961 shows the per capita supply of vegetable oils and meat has more than doubled and the supply of food calories per capita has increased by about one third (*high confidence*). Currently, 25–30% of total food produced is lost or wasted (*medium confidence*). These factors are associated with additional GHG emissions (*high confidence*). Changes in consumption patterns have contributed to about two billion adults now being overweight or obese (*high confidence*). An estimated 821 million people are still undernourished (*high confidence*). (Figure SPM.1) {1.1, 1.3, 5.1, 5.5}

A.1.5 About a quarter of the Earth's ice-free land area is subject to human-induced degradation (*medium confidence*). Soil erosion from agricultural fields is estimated to be currently 10 to 20 times (no tillage) to more than 100 times (conventional tillage) higher than the soil formation rate (*medium confidence*). Climate change exacerbates land degradation, particularly in low-lying coastal areas, river deltas, drylands and in permafrost areas (*high confidence*). Over the period 1961–2013, the annual area of drylands in drought has increased, on average by slightly more than 1% per year, with large inter-annual variability. In 2015, about 500 (380–620) million people lived within areas which experienced desertification between the 1980s and 2000s. The highest numbers of people affected are in South and East Asia, the circum Sahara region including North Africa, and the Middle East including the Arabian Peninsula (*low confidence*). Other dryland regions have also experienced desertification. People living in already degraded or desertified areas are increasingly negatively affected by climate change (*high confidence*). (Figure SPM.1) {1.1, 1.2, 3.1, 3.2, 4.1, 4.2, 4.3}

---

[10] Land's potential net primary production (NPP) is defined in this report as 'the amount of carbon accumulated through photosynthesis minus the amount lost by plant respiration over a specified time period that would prevail in the absence of land use'.

[11] In its conceptual framework, IPBES uses 'nature's contribution to people' in which it includes ecosystem goods and services.

[12] I.e., estimated at $75 trillion for 2011, based on US dollars for 2007.

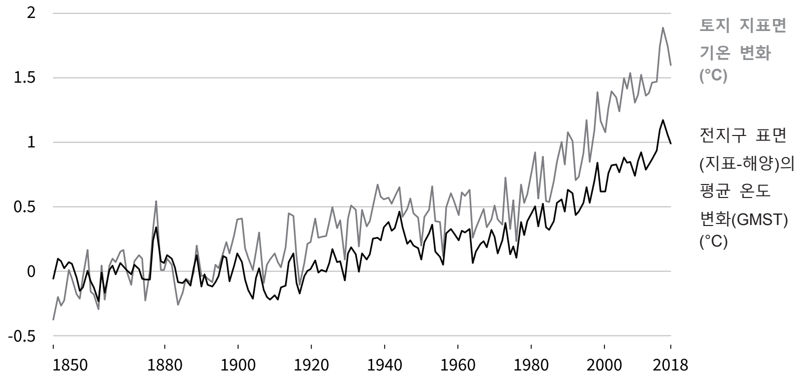
[13] This statement is based on the most comprehensive data from national statistics available within FAOSTAT, which starts in 1961. This does not imply that the changes started in 1961. Land use changes have been taking place from well before the pre-industrial period to the present.

토지 이용과 관측된 기후변화

A. 1850~1900년대와 비교 관측한 온도변화

산업화 이전 시대(1850-1900) 이후 관측된 지표면의 평균 기온은 전지구 평균 지표(토지 및 해양) 온도(GMST) 보다 훨씬 더 증가하였다.

1850-1900년대 대비 온도 변화 (°C)



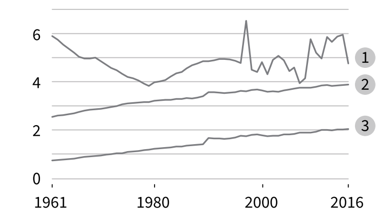
B. GHG 배출

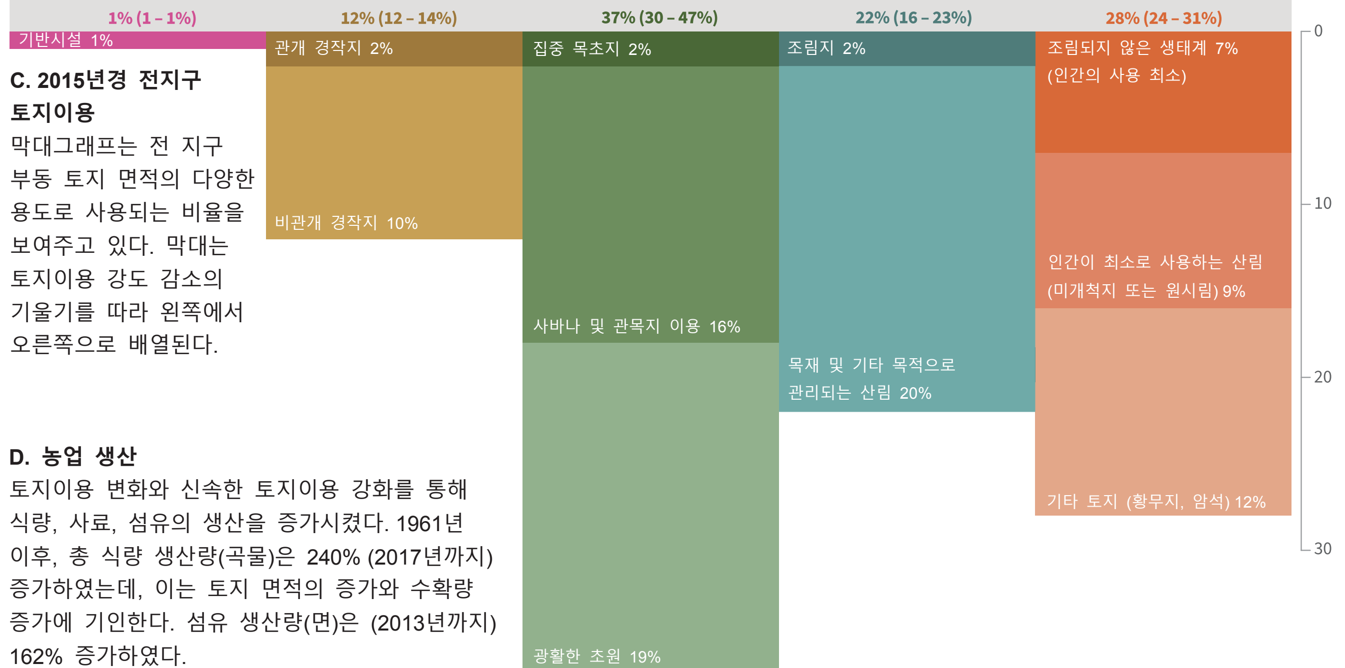
농업, 임업 및 기타 토지이용에서 유래한 총 인위적 온실가스 배출량(2007-2016)의 약 23%로 추정

1961년 대비 배출량 변화

1. FOLU로부터 배출된 순 CO_2의 양 (Gt CO_2/yr)
2. 농업을 통해 배출된 CH_4 (Gt CO_2eq/yr)
3. 농업을 통해 배출된 N_2O (Gt CO_2eq/yr)

$GtCO_2eq\ yr^{-1}$





C. 2015년경 전지구 토지이용

막대그래프는 전 지구 부동 토지 면적의 다양한 용도로 사용되는 비율을 보여주고 있다. 막대는 토지이용 강도 감소의 기울기를 따라 왼쪽에서 오른쪽으로 배열된다.

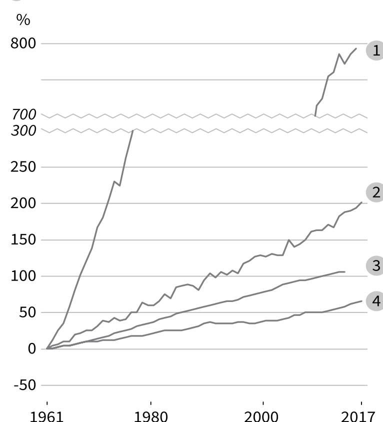
D. 농업 생산

토지이용 변화와 신속한 토지이용 강화를 통해 식량, 사료, 섬유의 생산을 증가시켰다. 1961년 이후, 총 식량 생산량(곡물)은 240% (2017년까지) 증가하였는데, 이는 토지 면적의 증가와 수확량 증가에 기인한다. 섬유 생산량(면)은 (2013년까지) 162% 증가하였다.

1961년 대비 변화 (%)

1. 무기 질소 비료 사용
2. 곡물 수확량
3. 관개 수량
4. 반추 가축의 총 개체 수

%



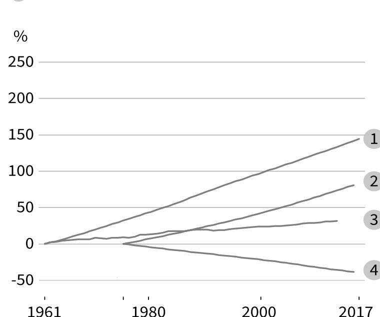
E. 식량 수요

생산의 증가는 소비 변화와 관련된다.

1961년과 1975년 대비 변화(%)

1. 인구
2. 과체중과 비만의 확산
3. 1인당 총 칼로리
4. 저체중의 확산

%



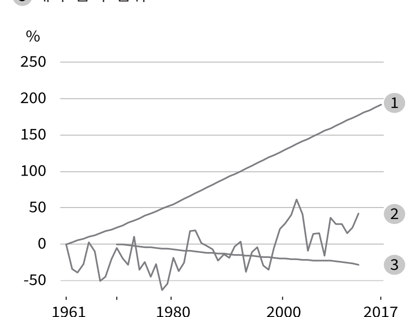
F. 사막화와 토지 황폐화

토지이용의 변화, 토지이용 강화, 그리고 기후변화가 사막화와 토지 황폐화에 영향을 끼쳤다.

1961년과 1970년 대비 변화(%)

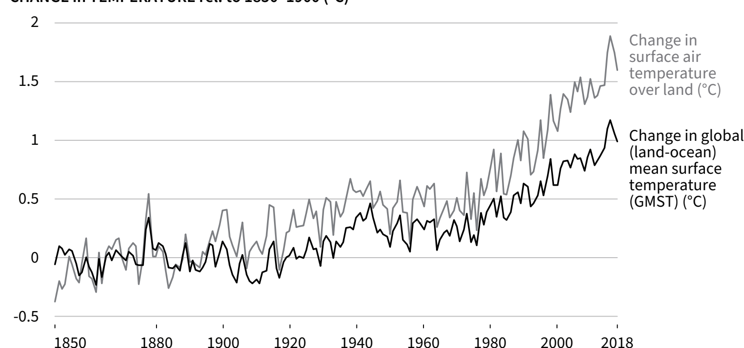
1. 사막화가 진행중인 지역의 인구
2. 매년 가뭄이 발생하는 건조지역
3. 내륙 습지 범위

%



Land use and observed climate change

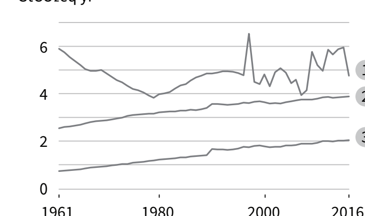
A. Observed temperature change relative to 1850–1900
Since the pre-industrial period (1850–1900) the observed mean land surface air temperature has risen considerably more than the global mean surface (land and ocean) temperature (GMST).



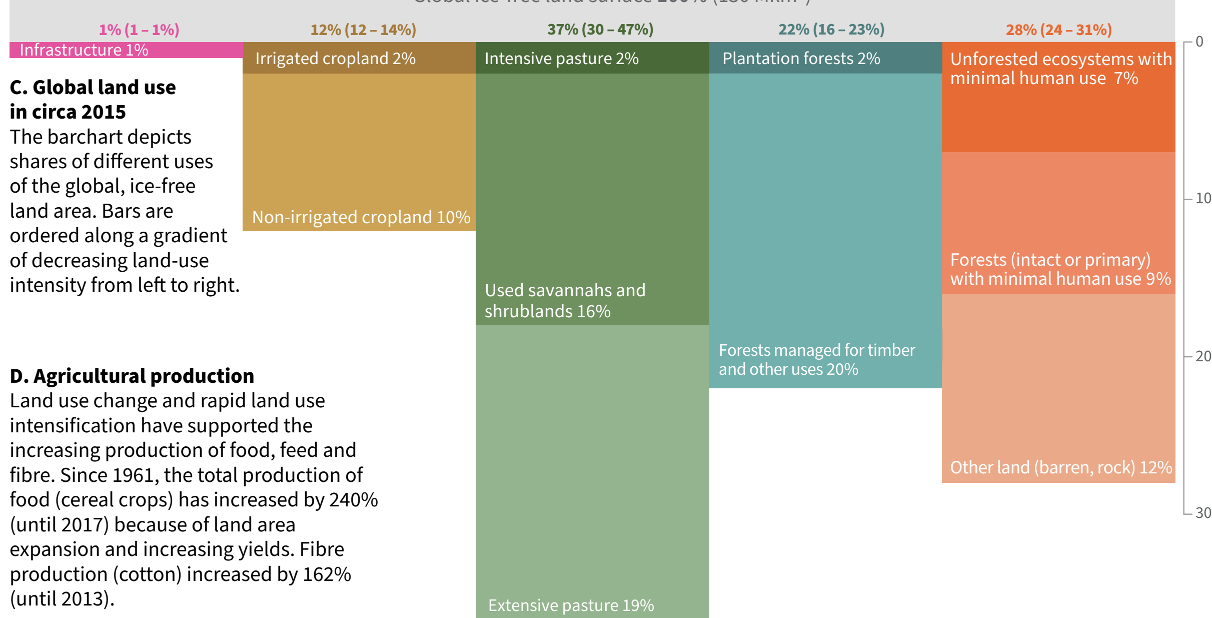
B. GHG emissions
An estimated 23% of total anthropogenic greenhouse gas emissions (2007–2016) derive from Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU).

CHANGE in EMISSIONS since 1961

1. Net CO_2 emissions from FOLU ($GtCO_2$ yr^{-1})
2. CH_4 emissions from Agriculture ($GtCO_2eq$ yr^{-1})
3. N_2O emissions from Agriculture ($GtCO_2eq$ yr^{-1})



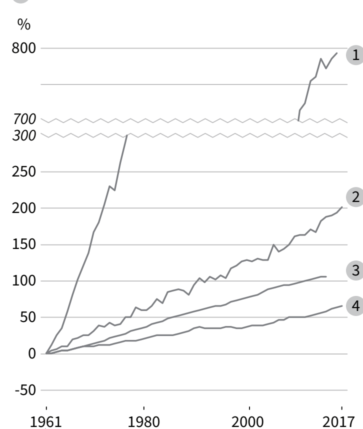
C. Global land use in circa 2015
The barchart depicts shares of different uses of the global, ice-free land area. Bars are ordered along a gradient of decreasing land-use intensity from left to right.



D. Agricultural production
Land use change and rapid land use intensification have supported the increasing production of food, feed and fibre. Since 1961, the total production of food (cereal crops) has increased by 240% (until 2017) because of land area expansion and increasing yields. Fibre production (cotton) increased by 162% (until 2013).

CHANGE in % rel. to 1961

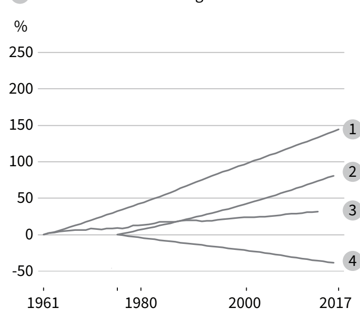
1. Inorganic N fertiliser use
2. Cereal yields
3. Irrigation water volume
4. Total number of ruminant livestock



E. Food demand
Increases in production are linked to consumption changes.

CHANGE in % rel. to 1961 and 1975

1. Population
2. Prevalence of overweight + obese
3. Total calories per capita
4. Prevalence of underweight



F. Desertification and land degradation
Land-use change, land-use intensification and climate change have contributed to desertification and land degradation.

CHANGE in % rel. to 1961 and 1970

1. Population in areas experiencing desertification
2. Dryland areas in drought annually
3. Inland wetland extent

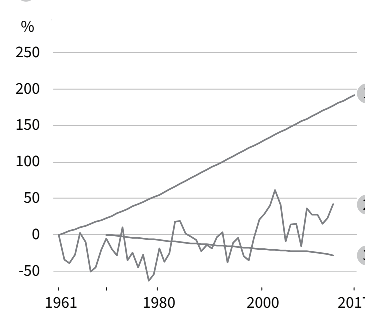


그림 SPM.1: 토지 이용과 관측된 기후변화

이 평가보고서에서 다루는 토지이용 및 관측된 기후변화에 대해 표현. A–F 패널은 이 보고서의 다수 핵심 주제를 표현하는 토지이용 선정과 기후 변수의 상태와 경향을 보여준다. B와 D–F의 연간 시계열은 대부분 1961년부터 FAOSTAT 내 제공되는 가장 종합적인 국가 통계정보에서 얻은 데이터에 근거한다. 패널 D–F의 Y축은 시계열의 시작 연도와 관련하여 표현된다("0"으로 산정 기준 재설정). 데이터 출처 및 설명: **A:** 온난화 곡선은 네 개의 데이터세트의 평균이다. {2.1; 그림 2.2; 표 2.1} **B:** 농업에서 유발된 N_2O 및 CH_4는 FAOSTAT에서 발췌된 것이다. 순 CO_2 배출은 두 개의 부기 모델의 평균을 이용하여 FOLU에서 발췌된 것이다(1997년 이후 이탄지 화재에서 배출된 것도 포함). CO_2-eq의 단위로 표시되는 모든 값은 기후-탄소 피드백을 제외한 AR5 100년 지구 온난화 기대값에 근거한다(N_2O=265; CH_4=28). {표 SPM.1, 1.1, 2.3 참고} **C:** 2015년, 전 지구 부동 토지 면적의 다양한 용도별 비율을 대략적으로 보여주며, 토지이용 강도가 감소하는 기울기를 따라 왼쪽에서 오른쪽으로 배열된다. 각각의 막대는 광범위한 토지피복의 범주를 나타낸다. 상단의 숫자는 부동 피복 지역의 총 %를 나타내며, 불확실성 범위는 괄호로 표시된다. 집약 목초는 그 가축 밀도가 km^2당 100마리 초과로 규정된다. '목재 및 기타 용도로 관리되는 산림'의 면적은 '1차/무손상' 산림 면적을 제외한 총 산림 면적으로 계산되었다. {1.2, 표 1.1, 그림 1.3} **D:** 비료 사용은 분리된 축 위에 표시되어 있음에 유의한다. 비료 사용에서 큰 비율 변화는 1961년의 사용 정도가 낮았음을 반영하는 것이고, 면적당 비료 투입량 증가와 더불어 식량 생산 증가를 위해 비료가 투입된 경작지와 목야지의 확대와도 관련이 있다. {1.1, 그림 1.3} **E:** 과체중은 신체 질량 지수(BMI)가 25 kg m^2 초과라고 규정한다. 저체중은 BMI가 18.5 kg m^2 미만이라고 규정한다. {5.1, 5.2} **F:** 건조지 면적은 TerraClimate 강수량과 잠재 증발산(1980-2015) 자료를 이용하여 건조 지수(Aridity Index)가 0.65 미만인 면적을 찾아 추정하였다. 인구 데이터는 HYDE3.2 데이터베이스에서 발췌된 것이다. 가뭄지역은 국제강수기후센터가뭄지수(Global Precipation Climatology Centre Drought Index)의 12개월 누적에 근거한다. 내륙 습지 범위(이탄지 포함)는 시간의 경과에 따라 지역의 습지 면적의 변화를 보고한 2000개 시계열에서 나온 데이터 집계를 기반으로 한다. {3.1, 4.2, 4.6}

A.2 산업화 이전부터 지표면 기온은 전지구 평균 온도보다 거의 2배 가량 상승하였다(*높은 신뢰도*). 극한 현상의 빈도와 강도 증가 등 기후변화는 식량안보와 토지 생태계에 부정적 영향을 미쳤으며, 수많은 지역에서 일어나는 사막화와 토지 황폐화의 원인이 되기도 하였다(*높은 신뢰도*). {2.2, 3.2, 4.2, 4.3, 4.4, 5.1, 5.2, 보고서 요약 제7장의 7.2}

A.2.1 산업화 이전(1850~1900년) 이후 관측된 평균 지표면 기온은 전지구 평균 표면(토지 및 해양) 온도(GMST) 보다 상당히 증가하였다(*높은 신뢰도*). 1850년~1900년에서 2006년~2015년 동안 지표 기온은 1.53℃ 정도 증가하였으나(1.38℃~1.68℃ 범위 내 *매우 가능성 높음*), GMST는 0.87℃ 상승하였다(0.75℃~ 0.99℃ 범위 내 *가능성 높음*). (그림 SPM.1) {2.2.1}

A.2.2 대부분 지역에서 발생한 폭염[14] 등 온난화로 인한 열 관련 현상의 빈도, 강도, 지속기간이 증가하였다(*높은 신뢰도*). 일부 지역에서 가뭄의 빈도와 강도가 증가하였고(지중해, 서아시아, 남아메리카의 다수 지역, 대부분의 아프리카, 북동 아시아 포함) (*중간 신뢰도*) 전지구적인 규모로 호우 현상의 강도가 증가하였다(*중간 신뢰도*). {2.2.5, 4.2.3, 5.2}

A.2.3 위성 관측 정보[15]에 따르면 식생의 녹화[16]는 지난 30년 동안 아시아, 유럽, 남아메리카, 북아메리카 중부, 호주 남동부에서 발생하였다. 녹화의 원인은 생장기 확대, 질소 퇴적, 이산화탄소의 비옥화[17] 및 토지관리가 결합하여 발생한다(*높은 신뢰도*). 식생의 갈변화[18]는 유라시아 북부, 남아메리카 일부 지역, 중앙 아시아, 콩고 분지 등지에서 관측되었고, 대체로 수분 스트레스가 원인이었다(*중간 신뢰도*). 전 지구적으로 식생의 녹화가 갈변화보다 더 넓은 지역에서 발생하였다(*높은 신뢰도*). {2.2.3, 박스 2.3, 2.2.4, 3.2.1, 3.2.2, 4.3.1, 4.3.2, 4.6.2, 5.2.2}

A.2.4 모래 폭풍의 빈도와 강도는 지난 수십 년간 증가하였다. 그 원인은 토지이용과 토지피복의 변화뿐만 아니라 아라비아반도와 넓게 보면 중동, 중앙아시아 등의 지역에서 인간 보건에 부정적인 영향을 증가시키는 다수 건조지 지역의 기후와 관련된 요인에 의한 것이다(*높은 신뢰도*)[19]. {2.4.1, 3.4.2}

A.2.5 일부 건조지역의 경우, 지표면 기온과 증발산의 증가 및 강수량의 감소가 기후 변동 및 인간 활동과 맞물려 사막화에 영향을 미쳤다. 이러한 지역에는 아프리카 사하라 남쪽, 동아시아 및 중앙아시아 일부 지역, 그리고 호주가 포함된다(*중간 신뢰도*). {2.2, 3.2.2, 4.4.1}

---

[14] 이 보고서에서 폭염은 '날씨가 비정상적으로 더운 기간. 폭염과 무더위는 다양하게 나타나며 어떤 경우는 그 정의 내용이 중복되기도 한다'라고 규정한다.

[15] 위성관측 정보에 대한 해석은 지상 검증과 센서 교정이 불충분할 경우 영향을 받을 수 있다. 또한 공간해상도 때문에 소규모 변화를 분석하기가 힘들 수 있다.

[16] 본 보고서는 식생 녹화를 광합성이 활성화된 식물 생체량의 증가로 규정하고 있으며, 이는 위성 관측 정보에서 도출된 것이다.

[17] 본 보고서는 이산화탄소 비옥화를 대기 중 이산화탄소 농도의 증가 결과로 나타나는 식물 성장의 촉진으로 규정한다. 이산화탄소 비옥화의 규모는 영양소와 물 공급의 영향을 받는다.

[18] 본 보고서는 식생 갈변화를 광합성이 활성화된 식물 생체량의 감소로 규정하고 있으며, 이는 위성 관측 정보에서 도출된 것이다.

[19] 타 지역에서 모래 폭풍과 보건 영향에 대한 해당 경향과 관련된 증거에 대해, 본 보고서는 제한적인 문헌 평가를 포함한다.

Figure SPM.1 | Land use and observed climate change. A representation of the land use and observed climate change covered in this assessment report. Panels A–F show the status and trends in selected land use and climate variables that represent many of the core topics covered in this report. The annual time series in B and D–F are based on the most comprehensive, available data from national statistics, in most cases from FAOSTAT which starts in 1961. Y-axes in panels D–F are expressed relative to the starting year of the time series (rebased to zero). Data sources and notes: **A:** The warming curves are averages of four datasets {2.1, Figure 2.2, Table 2.1} **B:** N_2O and CH_4 from agriculture are from FAOSTAT; Net CO_2 emissions from FOLU using the mean of two bookkeeping models (including emissions from peatland fires since 1997). All values expressed in units of CO_2-eq are based on AR5 100-year Global Warming Potential values without climate-carbon feedbacks (N_2O=265; CH_4=28). (Table SPM.1) {1.1, 2.3} **C:** Depicts shares of different uses of the global, ice-free land area for approximately the year 2015, ordered along a gradient of decreasing land-use intensity from left to right. Each bar represents a broad land cover category; the numbers on top are the total percentage of the ice-free area covered, with uncertainty ranges in brackets. Intensive pasture is defined as having a livestock density greater than 100 animals/km². The area of 'forest managed for timber and other uses' was calculated as total forest area minus 'primary/intact' forest area. {1.2, Table 1.1, Figure 1.3} **D:** Note that fertiliser use is shown on a split axis. The large percentage change in fertiliser use reflects the low level of use in 1961 and relates to both increasing fertiliser input per area as well as the expansion of fertilised cropland and grassland to increase food production. {1.1, Figure 1.3} **E:** Overweight population is defined as having a body mass index (BMI) > 25 kg m^{-2}; underweight is defined as BMI < 18.5 kg m^{-2}. {5.1, 5.2} **F:** Dryland areas were estimated using TerraClimate precipitation and potential evapotranspiration (1980–2015) to identify areas where the Aridity Index is below 0.65. Population data are from the HYDE3.2 database. Areas in drought are based on the 12-month accumulation Global Precipitation Climatology Centre Drought Index. The inland wetland extent (including peatlands) is based on aggregated data from more than 2000 time series that report changes in local wetland area over time. {3.1, 4.2, 4.6}

A.2 Since the pre-industrial period, the land surface air temperature has risen nearly twice as much as the global average temperature (*high confidence*). Climate change, including increases in frequency and intensity of extremes, has adversely impacted food security and terrestrial ecosystems as well as contributed to desertification and land degradation in many regions (*high confidence*). {2.2, 3.2, 4.2, 4.3, 4.4, 5.1, 5.2, Executive Summary Chapter 7, 7.2}

A.2.1 Since the pre-industrial period (1850–1900) the observed mean land surface air temperature has risen considerably more than the global mean surface (land and ocean) temperature (GMST) (*high confidence*). From 1850–1900 to 2006–2015 mean land surface air temperature has increased by 1.53°C (*very likely* range from 1.38°C to 1.68°C) while GMST increased by 0.87°C (*likely* range from 0.75°C to 0.99°C). (Figure SPM.1) {2.2.1}

A.2.2 Warming has resulted in an increased frequency, intensity and duration of heat-related events, including heatwaves[14] in most land regions (*high confidence*). Frequency and intensity of droughts has increased in some regions (including the Mediterranean, west Asia, many parts of South America, much of Africa, and north-eastern Asia) (*medium confidence*) and there has been an increase in the intensity of heavy precipitation events at a global scale (*medium confidence*). {2.2.5, 4.2.3, 5.2}

A.2.3 Satellite observations[15] have shown vegetation greening[16] over the last three decades in parts of Asia, Europe, South America, central North America, and southeast Australia. Causes of greening include combinations of an extended growing season, nitrogen deposition, Carbon Dioxide (CO_2) fertilisation,[17] and land management (*high confidence*). Vegetation browning[18] has been observed in some regions including northern Eurasia, parts of North America, Central Asia and the Congo Basin, largely as a result of water stress (*medium confidence*). Globally, vegetation greening has occurred over a larger area than vegetation browning (*high confidence*). {2.2.3, Box 2.3, 2.2.4, 3.2.1, 3.2.2, 4.3.1, 4.3.2, 4.6.2, 5.2.2}

A.2.4 The frequency and intensity of dust storms have increased over the last few decades due to land use and land cover changes and climate-related factors in many dryland areas resulting in increasing negative impacts on human health, in regions such as the Arabian Peninsula and broader Middle East, Central Asia (*high confidence*).[19] {2.4.1, 3.4.2}

A.2.5 In some dryland areas, increased land surface air temperature and evapotranspiration and decreased precipitation amount, in interaction with climate variability and human activities, have contributed to desertification. These areas include Sub-Saharan Africa, parts of East and Central Asia, and Australia. (*medium confidence*) {2.2, 3.2.2, 4.4.1}

---

14 A heatwave is defined in this report as 'a period of abnormally hot weather'. Heatwaves and warm spells have various and, in some cases, overlapping definitions.

15 The interpretation of satellite observations can be affected by insufficient ground validation and sensor calibration. In addition their spatial resolution can make it difficult to resolve small-scale changes.

16 Vegetation greening is defined in this report as 'an increase in photosynthetically active plant biomass which is inferred from satellite observations'.

17 CO_2 fertilisation is defined in this report as 'the enhancement of plant growth as a result of increased atmospheric carbon dioxide (CO_2) concentration'. The magnitude of CO_2 fertilisation depends on nutrients and water availability.

18 Vegetation browning is defined in this report as 'a decrease in photosynthetically active plant biomass which is inferred from satellite observations'.

19 Evidence relative to such trends in dust storms and health impacts in other regions is limited in the literature assessed in this report.

A.2.6 지구온난화는 건조기후 지대의 확대와 한대기후 지대의 축소 등 전 세계 다수 지역의 기후대를 이동시켰다(*높은 신뢰도*). 결과적으로, 수많은 식물과 동물 종이 그 활동 범위와 풍부도 및 계절적 활동의 변화를 겪게 되었다(*높은 신뢰도*). {2.2, 3.2.2, 4.4.1}

A.2.7 토지관리 조정에 의한 영향과 함께 기후변화는 강우강도, 홍수, 가뭄 빈도와 심각도, 열 스트레스, 건조기, 바람, 해수면 상승과 파랑 작용, 영구동토 해동을 통해 토지 황폐화 과정을 악화시킬 수 있다(*높은 신뢰도*). 해안침식의 진행은 해수면이 상승하는 지역에서 더욱 강화되고 지장을 초래하고 있으며 일부 지역에서 토지이용 압박을 가중시키고 있다(*중간 신뢰도*). {4.2.1, 4.2.2, 4.2.3, 4.4.1, 4.4.2, 4.9.6, 표 4.1, 7.2.1, 7.2.2}

A.2.8 기후변화는 온난화, 강수패턴 변화 및 극한 현상 빈도 증가로 인해 식량안보에 영향을 이미 끼쳐왔다(*높은 신뢰도*). 일부 곡물(예: 옥수수와 밀)의 수확량은 다수 저위도 지역에서 감소한 반면, 일부 곡물(예: 옥수수, 밀, 사탕무) 수확량은 다수 고위도 지역에서 최근 수십 년간 증가하였다(*높은 신뢰도*). 기후변화로 인해 아프리카의 목축 시스템에서 동물 성장률과 생산성이 감소하였다(*높은 신뢰도*). 농업 병충해는 기후변화에 이미 반응하여 그 결과 병충해 침입 증가와 감소 모두 발생 하였다는 강한 증거가 존재한다(*높은 신뢰도*). 토착 및 지역 기반 지식에 따르면, 기후변화는 건조지, 특히 아프리카와 아시아 및 남아메리카 고산지대의 식량안보에 영향을 미치고 있다[20]. {5.2.1, 5.2.2, 7.2.2}

A.3 농업, 임업 및 기타 토지이용(AFOLU) 활동으로 인해 CO_2 발생량의 13%, 메탄(CH_4) 발생량의 44%, 이산화질소(N_2O) 발생량의 81% 정도에 해당하는 배출량이 2007년~2016년 동안 전 세계적으로 배출되었으며, 이것은 총 순 인위적 GHG 배출량의 23%(12.0 ± 3.0 $GtCO_2eq\ yr^{-1}$)에 해당한다[21] (*중간 신뢰도*). 인간에 의한 환경 변화에 대한 토지의 자연적 반응으로 2007년~2016년 동안 약 11.2 $GtCO_2\ yr^{-1}$ 의 순 흡수가 발생하였다(총 CO_2 발생량의 29%에 해당) (*중간 신뢰도*); 기후변화로 인해 흡수의 지속성은 불확실하다(*높은 신뢰도*). 세계 식량시스템에서 생산 전후 활동과 관련된 배출이[22] 포함되면, 배출량은 총 순 인위적 GHG 배출량의 21%~37% 정도가 될 것으로 추정된다(*중간 신뢰도*). {2.3, 표 2.2, 5.4}.

A.3.1 토지는 인위적 및 자연적 요인으로 인해 이산화탄소의 배출원인 동시에 흡수원이기도 하기 때문에, 자연적 플럭스와 인위적 생성을 구분하기 어렵다(*높은 신뢰도*). 전지구 모델은 5.2±2.6 $GtCO_2\ yr^{-1}$ (*가능성 높음* 범위)의 순 이산화탄소량이 2007년~2016년 동안 토지이용과 토지이용 변화에서 유래 된다고 추정한다. 이 순 배출량은 신규조림과 재조림으로 부분적으로 상쇄되지만 대부분 산림파괴에 기인하며, 그 외 기타 토지이용 활동에 의한 배출제거가 그 원인이다(*높은 신뢰도*)[23]. 1990년 이후 연간 배출량의 특정한 경향은 보이지 않는다(*중간 신뢰도*). (그림 SPM.1, 표 SPM.1) {1.1, 2.3, 표 2.2, 표 2.3}

A.3.2 대기 중 이산화탄소 농도 증가, 질소 퇴적, 기후변화 등 인간에 의해 유발된 환경 변화에 대한 토지의 자연 반응으로 인해 2007년~2016년 동안 전 지구 순 제거량은 11.2 ± 2.6 $GtCO_2\ yr^{-1}$ (*가능성 높음* 범위)에 달했다(표 SPM.1). 이 반응에 의한 순 제거량과 AFOLU의 순 배출량의 합은 총 순 토지-대기 플럭스이며, 2007년~2016년 동안 제거된 양은 6.0 ± 3.7 $GtCO_2\ yr^{-1}$ (*가능성 높음* 범위)이었다. 기후변화로 인한 향후 식생 및 토양의 이산화탄소 순 배출량 증가는 이산화탄소 비옥화와 생장기 증가로 인한 제거량 증가로 해소될 것으로 보인다(*높은 신뢰도*). 이 과정들 간의 균형이 미래 토지 탄소 흡수원을 결정하는 데 발생하는 불확실성의 핵심 원천이다. 영구동토 해빙이 예상되고, 이로 인해 토지 탄소량의 손실이 증가될 것으로 예상된다(*높은 신뢰도*). 21세기 동안, 해당 지역의 식생 증가는 이러한 손실의 일부를 보상할 수 있을 것이다(*낮은 신뢰도*). (그림 SPM.1) {박스 2.3, 2.3.1, 2.5.3, 2.7; 표 2.3}

[20] 평가는 토착민 및 지역사회와의 인터뷰 및 설문조사를 포함하는 방법론을 사용한 문헌을 다루었다.

[21] 이 평가는 CO_2, CH_4, N_2O만 포함한다.

[22] 이 보고서에서 규정하는 세계 식량시스템이란 '식량의 생산, 가공, 분배, 준비, 소비와 관련된 모든 요소(환경, 인간, 투입, 절차, 기반시설, 기관)와 활동 및 전 지구 수준에서 사회경제적 및 환경 관련 결과 등 이러한 활동의 산물'을 말한다. 이 배출 데이터는 2006 IPCC 국가온실가스 가이드라인(2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas)에 따라 작성된 국가 온실가스 배출 목록과 직접 비교할 수는 없다.

[23] "부기(bookkeeping)" 또는 "탄소 계산(carbon accounting)" 모델에서 인위적으로 배출되는 순 이산화탄소 플럭스는 두 가지 대립되는 총 플럭스로 구성된다. 즉, 총 배출량(약 20 $GtCO_2\ yr^{-1}$)은 산림파괴, 토양 경작, 목제품의 산화에 기인하고, 총 제거량(약 14 $GtCO_2\ yr^{-1}$)은 대체로 목재 수확과 농업 포기 이후 산림 성장에 기인한다(*중간 신뢰도*).

A.2.6 Global warming has led to shifts of climate zones in many world regions, including expansion of arid climate zones and contraction of polar climate zones (*high confidence*). As a consequence, many plant and animal species have experienced changes in their ranges, abundances, and shifts in their seasonal activities (*high confidence*). {2.2, 3.2.2, 4.4.1}

A.2.7 Climate change can exacerbate land degradation processes (*high confidence*) including through increases in rainfall intensity, flooding, drought frequency and severity, heat stress, dry spells, wind, sea-level rise and wave action, and permafrost thaw with outcomes being modulated by land management. Ongoing coastal erosion is intensifying and impinging on more regions with sea-level rise adding to land use pressure in some regions (*medium confidence*). {4.2.1, 4.2.2, 4.2.3, 4.4.1, 4.4.2, 4.9.6, Table 4.1, 7.2.1, 7.2.2}

A.2.8 Climate change has already affected food security due to warming, changing precipitation patterns, and greater frequency of some extreme events (*high confidence*). Studies that separate out climate change from other factors affecting crop yields have shown that yields of some crops (e.g., maize and wheat) in many lower-latitude regions have been affected negatively by observed climate changes, while in many higher-latitude regions, yields of some crops (e.g., maize, wheat, and sugar beets) have been affected positively over recent decades (*high confidence*). Climate change has resulted in lower animal growth rates and productivity in pastoral systems in Africa (*high confidence*). There is robust evidence that agricultural pests and diseases have already responded to climate change resulting in both increases and decreases of infestations (*high confidence*). Based on indigenous and local knowledge, climate change is affecting food security in drylands, particularly those in Africa, and high mountain regions of Asia and South America.[20] {5.2.1, 5.2.2, 7.2.2}

A.3 Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU) activities accounted for around 13% of CO_2, 44% of methane (CH_4), and 81% of nitrous oxide (N_2O) emissions from human activities globally during 2007–2016, representing 23% (12.0 ± 2.9 $GtCO_2eq\ yr^{-1}$) of total net anthropogenic emissions of GHGs (*medium confidence*).[21] The natural response of land to human-induced environmental change caused a net sink of around 11.2 $GtCO_2\ yr^{-1}$ during 2007–2016 (equivalent to 29% of total CO_2 emissions) (*medium confidence*); the persistence of the sink is uncertain due to climate change (*high confidence*). If emissions associated with pre- and post-production activities in the global food system[22] are included, the emissions are estimated to be 21–37% of total net anthropogenic GHG emissions (*medium confidence*). {2.3, Table 2.2, 5.4}

A.3.1 Land is simultaneously a source and a sink of CO_2 due to both anthropogenic and natural drivers, making it hard to separate anthropogenic from natural fluxes (*very high confidence*). Global models estimate net CO_2 emissions of 5.2 ± 2.6 $GtCO_2\ yr^{-1}$ (*likely* range) from land use and land-use change during 2007–2016. These net emissions are mostly due to deforestation, partly offset by afforestation/reforestation, and emissions and removals by other land use activities (*very high confidence*).[23] There is no clear trend in annual emissions since 1990 (*medium confidence*). (Figure SPM.1, Table SPM.1) {1.1, 2.3, Table 2.2, Table 2.3}

A.3.2 The natural response of land to human-induced environmental changes such as increasing atmospheric CO_2 concentration, nitrogen deposition, and climate change, resulted in global net removals of 11.2 ± 2.6 $GtCO_2\ yr^{-1}$ (*likely* range) during 2007–2016. The sum of the net removals due to this response and the AFOLU net emissions gives a total net land-atmosphere flux that removed 6.0 ± 3.7 $GtCO_2\ yr^{-1}$ during 2007–2016 (*likely* range). Future net increases in CO_2 emissions from vegetation and soils due to climate change are projected to counteract increased removals due to CO_2 fertilisation and longer growing seasons (*high confidence*). The balance between these processes is a key source of uncertainty for determining the future of the land carbon sink. Projected thawing of permafrost is expected to increase the loss of soil carbon (*high confidence*). During the 21st century, vegetation growth in those areas may compensate in part for this loss (*low confidence*). (Table SPM.1) {Box 2.3, 2.3.1, 2.5.3, 2.7, Table 2.3}

---

20 The assessment covered literature whose methodologies included interviews and surveys with indigenous peoples and local communities.

21 This assessment only includes CO_2, CH_4 and N_2O.

22 Global food system in this report is defined as 'all the elements (environment, people, inputs, processes, infrastructures, institutions, etc.) and activities that relate to the production, processing, distribution, preparation and consumption of food, and the output of these activities, including socioeconomic and environmental outcomes at the global level'. These emissions data are not directly comparable to the national inventories prepared according to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

23 The net anthropogenic flux of CO_2 from 'bookkeeping' or 'carbon accounting' models is composed of two opposing gross fluxes: gross emissions (about 20 $GtCO_2\ yr^{-1}$) are from deforestation, cultivation of soils, and oxidation of wood products; gross removals (about 14 $GtCO_2\ yr^{-1}$) are largely from forest growth following wood harvest and agricultural abandonment (*medium confidence*).

A.3.3. 전지구 모델과 국가 GHG 배출목록(inventories)은 토지 부문에서 인위적 이산화탄소의 배출량과 제거량을 예측하는 데 다른 방법을 사용한다. 그 모델과 배출목록 모두의 경우, 산림 등 토지이용 변화(예: 산림파괴, 신규조림)에 대한 추정치는 거의 일치하지만, 관리된 산림에 대한 추정치는 상이하다. 전지구 모델은 수확 대상이었던 토지를 관리된 산림으로 간주하는데 반해, 국가 GHG 배출목록은 IPCC 지침에 따라 관리된 산림을 더 광범위하게 규정한다. 넓은 영역에서 보면, 이 배출목록은 인간이 유발한 환경변화에 대한 토지의 자연 반응을 인위적이라고 간주하지만, 전지구 모델 접근법은 (표 SPM.1) 이 반응을 비인위적 흡수원의 일환으로 본다. 말하자면, 2005년~2014년 동안, 국가 GHG 배출목록의 순 배출량 추정치는 0.1 ± 1.0 GtCO_2 yr^{-1}인 반면에, 두 가지 전지구 부기 모델의 평균은 5.2±2.6 GtCO_2 yr^{-1}이다(*가능성 높음* 범위). 방법상 차이를 고려하면 토지 부문의 순 배출량과 그 적용에 대한 이해를 높일 수 있다. {2.4.1, 2,.7.3, 그림 2.5, 박스 2.2}

A.3.3 Global models and national GHG inventories use different methods to estimate anthropogenic CO_2 emissions and removals for the land sector. Both produce estimates that are in close agreement for land-use change involving forest (e.g., deforestation, afforestation), and differ for managed forest. Global models consider as managed forest those lands that were subject to harvest whereas, consistent with IPCC guidelines, national GHG inventories define managed forest more broadly. On this larger area, inventories can also consider the natural response of land to human-induced environmental changes as anthropogenic, while the global model approach (Table SPM.1) treats this response as part of the non-anthropogenic sink. For illustration, from 2005 to 2014, the sum of the national GHG inventories net emission estimates is 0.1 ± 1.0 $GtCO_2$ yr^{-1}, while the mean of two global bookkeeping models is 5.2 ± 2.6 $GtCO_2$ yr^{-1} (*likely* range). Consideration of differences in methods can enhance understanding of land sector net emission estimates and their applications. {2.4.1, 2.7.3, Fig 2.5, Box 2.2}

농업, 임업 및 기타 토지이용(AFOLU)과 non-AFOLU로 인한 순 인위적 배출량(패널 1)과 세계 식량시스템 (2007년~2016년 평균)[1] (패널 2). 양(+)의 값은 배출이고 음(-)의 값은 제거를 나타낸다.

		직접적인 인위적 배출							
기체	단위	농업, 임업, 및 기타토지 이용(AFOLU)으로 인한 순 인위적 배출			non-AFOLU 인위적 GHG 배출[6]	기체별 총 순 인위적 배출 (AFOLU + non-AFOLU)	기체별 총 순 인위적 배출에서 AFOLU (%)	인간이 유발한 환경변화에 대한 토지의 자연 반응[7]	모든 토지에서 나오는 순 토지-대기 플럭스
패널 1: AFOLU의 기여									
		FOLU	농업	총계					
		A	B	C = A + B	D	**E = C + D**	F = (C/E)x100	G	A + G
CO_2[2]	Gt CO_2 y^{-1}	5.2 ± 2.6	자료없음[11]	5.2 ± 2.6	33.9 ± 1.8	**39.1 ± 3.2**	13%	-11.2 ± 2.6	-6.0 ± 3.7
CH_4[3,8]	Mt CH_4 y^{-1}	19.2 ± 5.8	142 ± 42	161 ± 43	201 ± 101	**362 ± 109**			
	Gt CO_2e y^{-1}	0.5 ± 0.2	4.0 ± 1.2	4.5 ± 1.2	5.6 ± 2.8	**10.1 ± 3.1**	44%		
N_2O[3,8]	Mt N_2O y^{-1}	0.3 ± 0.1	8.3 ± 2.5	8.7 ± 2.5	2.0 ± 1.0	**10.6 ± 2.7**			
	Gt CO_2e y^{-1}	0.09 ± 0.03	2.2 ± 0.7	2.3 ± 0.7	0.5 ± 0.3	**2.8 ± 0.7**	81%		
총계(GHG)	**Gt CO_2e y^{-1}**	**5.8 ± 2.6**	**6.2 ± 1.4**	**12.0 ± 2.9**	**40.0 ± 3.4**	**52.0 ± 4.5**	**23%**		
패널 2: 세계 식량시스템의 기여									
		토지이용 변화	농업		non-AFOLU[5] 생산 전-후 기타 부문	전 세계 식량시스템의 배출			
CO_2[4] 토지-이용 변화	Gt CO_2 y^{-1}	4.9 ± 2.5							
CH_4[3,8,9] 농업	Gt CO_2e y^{-1}		4.0 ± 1.2						
N_2O[3,8,9] 농업	Gt CO_2e y^{-1}		2.2 ± 0.7						
CO_2 기타 부문	Gt CO_2 y^{-1}				2.6 – 5.2				
총계[10]	**Gt CO_2e y-1**	**4.9 ± 2.5**	**6.2 ± 1.4**		**2.6 – 5.2**	**10.8 – 19.1**			

Net anthropogenic emissions due to Agriculture, Forestry, and other Land Use (AFOLU) and non-AFOLU (Panel 1) and global food systems (average for 2007–2016)[1] (Panel 2). Positive values represent emissions; negative values represent removals.

Gas	Units	Direct Anthropogenic: Net anthropogenic emissions due to Agriculture, Forestry, and Other Land Use (AFOLU)			Non-AFOLU anthropogenic GHG emissions[6]	Total net anthropogenic emissions (AFOLU + non-AFOLU) by gas	AFOLU as a % of total net anthropogenic emissions, by gas	Natural response of land to human-induced environmental change[7]	Net land – atmosphere flux from all lands
Panel 1: Contribution of AFOLU									
		FOLU	Agriculture	Total					
		A	B	C = A + B	D	**E = C + D**	F = (C/E) ×100	G	A + G
CO_2[2]	$GtCO_2\ yr^{-1}$	5.2 ± 2.6	No data[11]	5.2 ± 2.6	33.9 ± 1.8	**39.1 ± 3.2**	13%	-11.2 ± 2.6	-6.0 ± 3.7
CH_4[3,8]	$MtCH_4\ yr^{-1}$	19.2 ± 5.8	142 ± 42	161 ± 43	201 ± 101	**362 ± 109**			
	$GtCO_2eq\ yr^{-1}$	0.5 ± 0.2	4.0 ± 1.2	4.5 ± 1.2	5.6 ± 2.8	**10.1 ± 3.1**	44%		
N_2O[3,8]	$MtN_2O\ yr^{-1}$	0.3 ± 0.1	8.3 ± 2.5	8.7 ± 2.5	2.0 ± 1.0	**10.6 ± 2.7**			
	$GtCO_2eq\ yr^{-1}$	0.09 ± 0.03	2.2 ± 0.7	2.3 ± 0.7	0.5 ± 0.3	**2.8 ± 0.7**	81%		
Total (GHG)	**$GtCO_2eq\ yr^{-1}$**	**5.8 ± 2.6**	**6.2 ± 1.4**	**12.0 ± 2.9**	**40.0 ± 3.4**	**52.0 ± 4.5**	**23%**		
Panel 2: Contribution of global food system									
		Land-use change	Agriculture		Non-AFOLU[5] other sectors pre- to post-production	Total global food system emissions			
CO_2 Land-use change[4]	$GtCO_2\ yr^{-1}$	4.9 ± 2.5							
CH_4 Agriculture[3,8,9]	$GtCO_2eq\ yr^{-1}$		4.0 ± 1.2						
N_2O Agriculture[3,8,9]	$GtCO_2eq\ yr^{-1}$		2.2 ± 0.7						
CO_2 other sectors[5]	$GtCO_2 yr^{-1}$				2.6 – 5.2				
Total[10]	**$GtCO_2eq\ yr^{-1}$**	**4.9 ± 2.5**	**6.2 ± 1.4**		**2.6 – 5.2**	**10.8 – 19.1**			

표 SPM.1 | 자료 출처 및 설명:

[1] 추정치는 2016년까지만 제공되는데 이는 모든 기체에 대해 제공되는 최신 자료이기 때문이다.

[2] 전지구 탄소배출총량(Global Carbon Budget)과 AR5에 사용된 두 가지 부기 모델에 근거하며, 산림파괴와 신규조림 및 목재 수확과 재성장을 포함한 산림 관리뿐만 아니라 이탄지 화재와 같은 토지피복 변화에 따른 이산화탄소의 인위적 순 배출량임. 동일한 토지이용에 따른 농업용 토양의 탄소 저장량 변화는 이 모델에서 고려되지 않는다.{2.3.1.2.1, 표 2.2, 박스 2.2}

[3] 추정치는 두 가지 데이터베이스 모델, FAOSTAT와 USEPA 2012의 평균과 불확실성 평가를 보여준다.{2.3; 표 2.2}

[4] FAOSTAT에 근거함. 이 값에 포함된 범주는 "순 산림 전환"(순 산림파괴), 유기질 토양 배수(경작지, 초지), 생체량 연소(습한 열대우림, 기타 산림, 유기질 토양)임. 여기에서 제외된 것은 "임지"(산림 관리 외에 순 산림 확장)이며, 이것은 신규조림으로 인해 주로 흡수원이 된다. 주: FAOSTAT의 총 FOLU 배출량은 2007년~2016년 동안 2.8 (±1.4) Gt CO_2 yr^{-1}이다.{표 2.2, 표 5.4}

[5] AFOLU 부문에 포함되지 않고 주로 에너지(예: 곡물 건조), 수송(예: 국제 무역), 식량시스템 산업(예: 무기질 비료 합성) 일부에서 유래한 활동 및 농업 생산 활동(예: 온실 난방), 생산 전(예: 농장 투입물 제조)과 생산 후(예: 농식품 가공) 활동에 의해 유발된 이산화탄소 배출량. 이 추정은 토지에 기반하며 따라서 수산업의 배출은 제외된다. 예를 들면, 섬유제품과 기타 비식품 농산물의 배출은, 데이터베이스에서 식용과 구분되지 않기 때문에 제외 대상이다. AFOLU 이외 기타 부문의 식량시스템과 연관되는 이산화탄소 배출량은 총 인위적 이산화탄소 배출량의 6%~13%이다. 이 배출은 일반적으로 소규모 농가의 자급 농업에서 낮게 나타난다. AFOLU 배출량에 추가되면, 전 세계 인위적 배출량에서 식량시스템이 차지하는 비율은 21%~37%가 될 것으로 추정된다.{5.4.5, 표 5.4}

[6] 총 non-AFOLU 배출량은 에너지, 산업 배출원, 폐기물, 기타 배출량에 대한 총 CO_2e 배출량 값의 합으로 계산되었고, 이때 국제 항공 및 해운을 포함하는 CO_2에 대한 글로벌 카본 프로젝트(Global Carbon Project for CO_2)의 자료와 유일하게 데이터가 제공된 2007년~2014년 동안 평균 CH_4와 N_2O에 대한 PRIMAP 데이터베이스에서 나온 자료를 이용하였다.{2.3; 표 2.2}

[7] 인간이 유발한 환경변화에 대한 토지의 자연적 반응은 대기 중 이산화탄소 농도 증가, 질소 퇴적, 기후변화 등 환경변화에 대한 식생과 토지의 반응이다. 제시된 추정치는 Dynamic Global Vegetation Models의 평균치를 나타낸다.{2.3.1.2.4, 박스 2.2, 표 2.3}

[8] CO_2e의 단위로 표시된 모든 값은 기후-탄소 피드백을 제외한 AR5 100년 GWP (Global Warming Potential) 값에 기초한 것이다(N_2O = 265; CH_4 = 28). 단, GWP가 화석 연료와 메탄의 생물기원 배출원 전반에 사용되어 왔다는 점에 유의한다. 만약 화석 연료 CH_4에 대한 GWP가 높다면(AR5 당 30), CO_2e로 표시한 총 인위적 CH_4 배출량은 2% 정도 늘어날 것이다.

[9] 이 추정치는 토지를 기반으로 하며, 따라서 수산업 및 양식업에서의 배출은 데이터베이스에서 식용과 구분되지 않기 때문에 제외된다(토지에서 생산되어 양식업에 사용된 사료로부터 배출된 것은 예외). 이는 토지이용 변화(FOLU 범주)와 관련된 non-CO_2 배출도 제외하고 있는데, 왜냐하면 이것은 산림과 이탄지의 화재에서 유래되기 때문이다.

[10] 식량 손실 및 폐기와 관련된 배출은 함축적으로 포함된다. 그 이유는 식량시스템에서 발생하는 배출은 영양 섭취를 위해 소비되는 식량 등 생산식량 및 식량 손실, 폐기와 관련되어 있기 때문이다. 후자는 CO_2e로 표시된 총 인위적 배출의 8~10%를 차지한다고 추정된다.{5.5.2.5}

[11] 농업에 의한 이산화탄소 배출에 대한 전지구 데이터는 제공되지 않는다.

A.3.4 2007년~2016년 동안 전 세계 AFOLU에 의한 메탄 배출은 161 ± 43 MtCH_4 yr^{-1} (4.5 ± 1.2 GtCO_2eq yr^{-1})이다(*중간 신뢰도*). 전 지구 대기 중 평균 메탄 농도는 1980년대 중반에서 1990년대 초까지 지속적인 증가세를 보였으나, 1999년까지 그 증가가 둔화되었다가 1999년~2006년에는 전혀 증가하지 않았고, 이후 2007년에 다시 증가하였다(*높은 신뢰도*). 생물기원 배출원이 배출에서 차지하는 비율이 2000년 이전보다 높다(*높은 신뢰도*). 반추동물과 벼 재배 확대는 농도 증가의 중요 원인이다(*높은 신뢰도*). (그림 SPM.1) {표 2.2, 2.3.2, 5.4.2, 5.4.3}.

A.3.5 인위적 AFOLU 아산화질소(N_2O) 배출은 증가하고 있으며, 2007년~2016년 동안 8.7 ± 2.5 MtN_2O yr^{-1} (2.3 ± 0.7 GtCO2eq yr^{-1}) 이었다. 토양 유래 인위적 아산화질소 배출(그림 SPM.1, 표 SPM.1)은 비효율적 요소 등 주로 질소 이용으로 인한 것이다(과용 또는 작물 수요 시기 동기화 부족) (*높은 신뢰도*). 2007년~2016년 경작지 토양은 약 3 MtN_2O yr^{-1}(약 795 MtCO_2-eq yr^{-1})를 배출하였다(*중간 신뢰도*). 관리된 목초지 배출량은 거름 퇴적의 증가로 인해 상당히 증가하였다(*중간 신뢰도*). 관리된 목초지와 방목장의 가축은 2014년 농업부문에서 발생한 인위적 N_2O 배출량의 절반 이상을 차지했다(*중간 신뢰도*).{표 2.1, 2.3.3, 5.4.2, 5.4.3}

A.3.6 농업, 임업 및 기타토지 이용(AFOLU)에 의한 배출량에서 총 순 GHG 배출량은 2007년~2016년 동안 12.0 ± 2.9 GtCO_2eq yr^{-1}이었다. 이는 총 순 인위적 배출량의 23%를 차지한다[24]{표 SPM.1}. 전 세계 식량 시스템 등 기타 접근법은 농업 배출과 토지이용 변화(즉, 산림파괴와 이탄지 황폐화)뿐만 아니라 식량 생산을 위한 에너지, 운반, 산업 부문 등 팜 게이트(farm gate) 외부 배출도 포함한다. 팜 게이트 내의 배출량 및 세계 식량시스템에 기여하는 농지 확대로 인한 배출량은 총 인위적 배출량의 16%~27%를 차지한다(*중간 신뢰도*). 팜 게이트 외부 배출량은 총 인위적 배출량의 5%~10%를 차지한다(*중간 신뢰도*). 식량시스템의 다양성을 고려한다면, 다양한 식량시스템 요소의 기여는 지역마다 큰 차이가 있다(*높은 신뢰도*). 농업 생산 배출량은 증가할 것으로 전망되며(*높은 신뢰도*), 이는 인구와 소득 증가 및 소비 패턴의 변화에 기인한다(*중간 신뢰도*).{5.5, 표 5.4}

---

[24] 이 평가는 CO_2, CH_4, N_2O만 포함한다.

Table SPM.1 | Data sources and notes:

[1] Estimates are only given until 2016 as this is the latest date when data are available for all gases.

[2] Net anthropogenic flux of CO_2 due to land cover change such as deforestation and afforestation, and land management including wood harvest and regrowth, as well as peatland burning, based on two bookkeeping models as used in the Global Carbon Budget and for AR5. Agricultural soil carbon stock change under the same land use is not considered in these models. {2.3.1.2.1, Table 2.2, Box 2.2}

[3] Estimates show the mean and assessed uncertainty of two databases, FAOSTAT and USEPA. 2012 {2.3, Table 2.2}

[4] Based on FAOSTAT. Categories included in this value are 'net forest conversion' (net deforestation), drainage of organic soils (cropland and grassland), biomass burning (humid tropical forests, other forests, organic soils). It excludes 'forest land' (forest management plus net forest expansion), which is primarily a sink due to afforestation. Note: Total FOLU emissions from FAOSTAT are 2.8 (±1.4) $GtCO_2$ yr^{-1} for the period 2007–2016. {Table 2.2, Table 5.4}

[5] CO_2 emissions induced by activities not included in the AFOLU sector, mainly from energy (e.g., grain drying), transport (e.g., international trade), and industry (e.g., synthesis of inorganic fertilisers) part of food systems, including agricultural production activities (e.g., heating in greenhouses), pre-production (e.g., manufacturing of farm inputs) and post-production (e.g., agri-food processing) activities. This estimate is land based and hence excludes emissions from fisheries. It includes emissions from fibre and other non-food agricultural products since these are not separated from food use in databases. The CO_2 emissions related to food system in other sectors than AFOLU are 6–13% of total anthropogenic CO_2 emissions. These emissions are typically low in smallholder subsistence farming. When added to AFOLU emissions, the estimated share of food systems in global anthropogenic emissions is 21–37%. {5.4.5, Table 5.4}

[6] Total non-AFOLU emissions were calculated as the sum of total CO_2eq emissions values for energy, industrial sources, waste and other emissions with data from the Global Carbon Project for CO_2, including international aviation and shipping and from the PRIMAP database for CH_4 and N_2O averaged over 2007–2014 only as that was the period for which data were available. {2.3, Table 2.2}

[7] The natural response of land to human-induced environmental changes is the response of vegetation and soils to environmental changes such as increasing atmospheric CO_2 concentration, nitrogen deposition, and climate change. The estimate shown represents the average from Dynamic Global Vegetation Models {2.3.1.2, Box 2.2, Table 2.3}

[8] All values expressed in units of CO_2eq are based on AR5 100-year Global Warming Potential (GWP) values without climate-carbon feedbacks (N_2O = 265; CH_4 = 28). Note that the GWP has been used across fossil fuel and biogenic sources of methane. If a higher GWP for fossil fuel CH_4 (30 per AR5) were used, then total anthropogenic CH_4 emissions expressed in CO_2eq would be 2% greater.

[9] This estimate is land based and hence excludes emissions from fisheries and emissions from aquaculture (except emissions from feed produced on land and used in aquaculture), and also includes non-food use (e.g. fibre and bioenergy) since these are not separated from food use in databases. It excludes non-CO_2 emissions associated with land use change (FOLU category) since these are from fires in forests and peatlands.

[10] Emissions associated with food loss and waste are included implicitly, since emissions from the food system are related to food produced, including food consumed for nutrition and to food loss and waste. The latter is estimated at 8–10% of total anthropogenic emissions in CO_2eq. {5.5.2.5}

[11] No global data are available for agricultural CO_2 emissions.

A.3.4 Global AFOLU emissions of methane in the period 2007–2016 were 161 ± 43 $MtCH_4$ yr^{-1} (4.5 ± 1.2 $GtCO_2$eq yr^{-1}) (*medium confidence*). The globally averaged atmospheric concentration of CH_4 shows a steady increase between the mid-1980s and early 1990s, slower growth thereafter until 1999, a period of no growth between 1999–2006, followed by a resumption of growth in 2007 (*high confidence*). Biogenic sources make up a larger proportion of emissions than they did before 2000 (*high confidence*). Ruminants and the expansion of rice cultivation are important contributors to the rising concentration (*high confidence*). (Figure SPM.1) {Table 2.2, 2.3.2, 5.4.2, 5.4.3}

A.3.5 Anthropogenic AFOLU N_2O emissions are rising, and were 8.7 ± 2.5 MtN_2O yr^{-1} (2.3 ± 0.7 $GtCO_2$eq yr^{-1}) during the period 2007–2016. Anthropogenic N_2O emissions {Figure SPM.1, Table SPM.1} from soils are primarily due to nitrogen application including inefficiencies (over-application or poorly synchronised with crop demand timings) (*high confidence*). Cropland soils emitted around 3 MtN_2O yr^{-1} (around 795 $MtCO_2$ eq yr^{-1}) during the period 2007–2016 (*medium confidence*). There has been a major growth in emissions from managed pastures due to increased manure deposition (*medium confidence*). Livestock on managed pastures and rangelands accounted for more than one half of total anthropogenic N_2O emissions from agriculture in 2014 (*medium confidence*). {Table 2.1, 2.3.3, 5.4.2, 5.4.3}

A.3.6 Total net GHG emissions from AFOLU emissions represent 12.0 ± 2.9 $GtCO_2$eq yr^{-1} during 2007–2016. This represents 23% of total net anthropogenic emissions {Table SPM.1}.[24] Other approaches, such as global food system, include agricultural emissions and land use change (i.e., deforestation and peatland degradation), as well as outside farm gate emissions from energy, transport and industry sectors for food production. Emissions within farm gate and from agricultural land expansion contributing to the global food system represent 16–27% of total anthropogenic emissions (*medium confidence*). Emissions outside the farm gate represent 5–10% of total anthropogenic emissions (*medium confidence*). Given the diversity of food systems, there are large regional differences in the contributions from different components of the food system (*very high confidence*). Emissions from agricultural production are projected to increase (*high confidence*), driven by population and income growth and changes in consumption patterns (*medium confidence*). {5.5, Table 5.4}

[24] This assessment only includes CO_2, CH_4 and N_2O.

A.4 토지이용 또는 기후변화에 의한 토지조건의 변화는[25] 전 지구 및 지역 기후에 영향을 미친다(*높은 신뢰도*). 지역 규모에서, 변화하는 토지조건은 온난화를 완화하거나 강화할 수 있으며 극한 현상의 강도와 빈도 및 지속기간에 영향을 미칠 수 있다. 이러한 변화의 규모와 방향은 위치와 계절에 따라 달라진다(*높은 신뢰도*). {보고서 제2장 요약 2.3, 2.4, 2.5, 3.3}

A.4.1 산업화 이전 시대 이후, 인간 활동에 의한 토지피복의 변화는 지구 온난화의 원인인 이산화탄소의 순 방출(*높은 신뢰도*) 및 표면 냉각을 유발하는 전 지구적인 토지 알베도[26]의 증가를 유도하였다. 역사적 시기 동안, 그 결과로 인한 전 지구 평균 표면 온도에 대한 순 효과는 작을 것으로 추정된다(*중간 신뢰도*). {2.4, 2.6.1, 2.6.2}

A.4.2 대부분의 극한 현상의 발생 가능성, 강도, 기간은 폭염과 같은 열 관련 현상(*높은 신뢰도*) 및 폭우 현상(*중간 신뢰도*)을 포함한 토지조건의 변화에 의해 상당 부분 변할 수 있다. 토지조건의 변화는 수 백 킬로미터 떨어진 지역의 온도와 강우에도 영향을 끼칠 수 있다(*높은 신뢰도*). {2.5.1, 2.5.2, 2.5.4, 3.3; 제2장의 Cross-Chapter 박스4}

A.4.3 기후변화는 지역 기후에 피드백을 주는 토지조건을 변화시킬 것으로 예상된다. 수목한계선이 북쪽으로 이동하고 생장기가 연장되는 아한대 지역에서 겨울철 온난화는 적설량과 알베도의 감소로 인해 강화될 것이며, 이에 반해 증발산의 증가로 인하여 생장기 동안 온난화는 감소할 것이다(*높은 신뢰도*). 강수량 증가가 예상되는 열대지역의 경우, 식생 성장이 지역적 온난화를 감소시킬 것이다(*중간 신뢰도*). 기후변화로 인해 더 건조해지는 토양조건은 폭염을 더 혹독하게 증가시킬 수 있지만, 더 습한 토양조건은 그 반대의 결과를 가져온다(*높은 신뢰도*). {2.5.2, 2.5.3}

A.4.4 사막화는 식생피복 감소와 연관된 이산화탄소를 방출하여 지구 온난화를 증폭시킨다(*높은 신뢰도*). 이러한 식생피복의 감소는 지역적 알베도를 증가시켜 표면 냉각을 유발하는 경향이 있다(*높은 신뢰도*). {3.3}

A.4.5 신규조림, 재조림, 산림파괴 등 산림피복의 변화는 물과 에너지 교환을 통해 지역의 표면 온도에 직접적으로 영향을 미친다[27] (*높은 신뢰도*). 열대지역에서 산림피복이 증가하는 곳은 증발산 증가로 인해 냉각이 발생한다(*높은 신뢰도*). 증발산 증가는 생장기 동안 날씨가 더 서늘해 질 수 있고(*높은 신뢰도*), 열 관련 현상의 크기를 감소시킬 수 있다(*중간 신뢰도*). 아한대와 일부 온대기후대 지역 등 계절적 적설지역의 경우, 나무와 관목피복의 증가는 표면 알베도 감소로 인해 겨울철 온난화에 영향을 줄 수 있다(*높은 신뢰도*).[28] {2.3, 2.4.3, 2.5.1, 2.5.2, 2.5.4}

[25] 토지조건은 토지피복(예: 산림파괴, 신규조림, 도시화), 토지이용(예: 관개), 토지상태(예: 습도, 녹화 수준, 적설량, 영구동토량)의 변화를 망라한다.

[26] 알베도가 높은 토지는 알베도가 낮은 토지보다 입사 태양복사열이 더 높다.

[27] 문헌을 통해 산림피복의 변화는 반응 기체와 에어로졸의 배출 변화를 통해 기후에 영향을 미칠 수 있음을 알 수 있다{2.4, 2.5}.

[28] 최근 문헌에 따르면 아한대의 산림 관련 에어로졸은 표면 알베도의 온난화 영향을 최소한 부분적으로 상쇄시킬 수 있다{2.4.3}.

A.4 Changes in land conditions,[25] either from land-use or climate change, affect global and regional climate (*high confidence*). At the regional scale, changing land conditions can reduce or accentuate warming and affect the intensity, frequency and duration of extreme events. The magnitude and direction of these changes vary with location and season (*high confidence*). {Executive Summary Chapter 2, 2.3, 2.4, 2.5, 3.3}

A.4.1 Since the pre-industrial period, changes in land cover due to human activities have led to both a net release of CO_2 contributing to global warming (*high confidence*), and an increase in global land albedo[26] causing surface cooling (*medium confidence*). Over the historical period, the resulting net effect on globally averaged surface temperature is estimated to be small (*medium confidence*). {2.4, 2.6.1, 2.6.2}

A.4.2 The likelihood, intensity and duration of many extreme events can be significantly modified by changes in land conditions, including heat related events such as heatwaves (*high confidence*) and heavy precipitation events (*medium confidence*). Changes in land conditions can affect temperature and rainfall in regions as far as hundreds of kilometres away (*high confidence*). {2.5.1, 2.5.2, 2.5.4, 3.3, Cross-Chapter Box 4 in Chapter 2}

A.4.3 Climate change is projected to alter land conditions with feedbacks on regional climate. In those boreal regions where the treeline migrates northward and/or the growing season lengthens, winter warming will be enhanced due to decreased snow cover and albedo while warming will be reduced during the growing season because of increased evapotranspiration (*high confidence*). In those tropical areas where increased rainfall is projected, increased vegetation growth will reduce regional warming (*medium confidence*). Drier soil conditions resulting from climate change can increase the severity of heat waves, while wetter soil conditions have the opposite effect (*high confidence*). {2.5.2, 2.5.3}

A.4.4 Desertification amplifies global warming through the release of CO_2 linked with the decrease in vegetation cover (*high confidence*). This decrease in vegetation cover tends to increase local albedo, leading to surface cooling (*high confidence*). {3.3}

A.4.5 Changes in forest cover, for example from afforestation, reforestation and deforestation, directly affect regional surface temperature through exchanges of water and energy (*high confidence*).[27] Where forest cover increases in tropical regions cooling results from enhanced evapotranspiration (*high confidence*). Increased evapotranspiration can result in cooler days during the growing season (*high confidence*) and can reduce the amplitude of heat related events (*medium confidence*). In regions with seasonal snow cover, such as boreal and some temperate regions, increased tree and shrub cover also has a wintertime warming influence due to reduced surface albedo (*high confidence*).[28] {2.3, 2.4.3, 2.5.1, 2.5.2, 2.5.4}

---

25 Land conditions encompass changes in land cover (e.g., deforestation, afforestation, urbanisation), in land use (e.g., irrigation), and in land state (e.g., degree of wetness, degree of greening, amount of snow, amount of permafrost).

26 Land with high albedo reflects more incoming solar radiation than land with low albedo.

27 The literature indicates that forest cover changes can also affect climate through changes in emissions of reactive gases and aerosols. {2.4, 2.5}

28 Emerging literature shows that boreal forest-related aerosols may counteract at least partly the warming effect of surface albedo. {2.4.3}

박스 SPM.1 | 공동 사회·경제 경로(SSP)

이 보고서에서는 기후변화 완화, 적응, 토지이용에 대한 미래 사회경제적 발전의 영향을 공동 사회·경제 경로를 통해 살펴보았다. SSP는 기후변화 완화와 적응에 대한 도전 범위를 포괄한다.

- SSP1는 인구 최고점과 감소(2100년 약 70억), 높은 소득과 불평등 감소, 토지이용의 효과적 규제, 낮은 GHG 배출 시스템에서 생산된 식량과 음식 폐기물 저감 등 자원 집약적 소비 감소, 자유무역, 친환경 기술, 그리고 생활방식을 포함한다. 다른 경로와 비교하면, SSP1은 완화와 적응에 대한 도전은 낮은 수준이다(즉, 높은 적응역량).
- SSP2는 중간 수준의 인구 성장(2100년 약 90억), 중간 수준의 소득을 포함하고, 기술 진보, 생산, 소비 패턴은 과거의 경향이 이어지며, 불평등의 감소는 단지 점진적으로 나타난다. 다른 경로들과 비교하면, SSP2는 완화와 적응에 대한 도전은 중간 수준이다(즉, 중간 수준의 적응역량).
- SSP3는 높은 인구(2100년에 약 130억), 낮은 소득과 불평등의 지속, 물질 집약적 소비와 생산, 무역 장벽, 낮은 기술 변화율을 포함한다. 다른 경로들과 비교하면, SSP3는 완화와 적응에 대한 도전이 높은 수준이다(즉, 낮은 적응역량).
- SSP4는 중간 수준의 인구 증가(2100년 약 90억), 중간 수준의 소득, 하지만 지역 내부 및 전체에 상당한 불평등을 포함한다. 다른 경로들과 비교하면, SSP4는 완화에 대한 도전은 낮지만 적응에 대한 도전은 높은 수준이다(즉, 낮은 적응역량).
- SSP5는 인구 최고점과 감소(2100년 약 70억), 높은 소득, 불평등 감소, 자유무역을 포함한다. 이 경로는 자원 집약적 생산, 소비, 생활방식도 포함한다. 다른 경로들과 비교하면, SSP5는 완화에 대한 도전은 높지만 적응에 대한 도전은 낮다(즉, 높은 적응역량).
- SSP는 각기 다른 수준의 완화를 의미하며 적응에 대한 시사점을 지니는 대표농도경로(RCP)와 조합될 수 있다. 그러므로 SSP는 다른 SSP-RCP 조합에서 보여주는 것처럼 전지구 평균 표면 온도의 상승 수준과 일치할 수 있다. 그러나 몇몇 SSP-RCP 조합은 불가능하다. 예를 들면, RCP2.6과 낮은 수준의 미래 전지구 평균 표면 온도 상승(예, 1.5°C)은 SSP3 모델 경로에서 불가능하다. {1.2.2, 6.1.4, 제1장의 Cross-Chapter 박스1, 제6장 Cross-Chapter 박스9}

Box SPM. 1 | Shared Socio-economic Pathways (SSPs)

In this report the implications of future socio-economic development on climate change mitigation, adaptation and land-use are explored using shared socio-economic pathways (SSPs). The SSPs span a range of challenges to climate change mitigation and adaptation.

- SSP1 includes a peak and decline in population (~7 billion in 2100), high income and reduced inequalities, effective land-use regulation, less resource intensive consumption, including food produced in low-GHG emission systems and lower food waste, free trade and environmentally-friendly technologies and lifestyles. Relative to other pathways, SSP1 has low challenges to mitigation and low challenges to adaptation (i.e., high adaptive capacity).

- SSP2 includes medium population growth (~9 billion in 2100), medium income, technological progress, production and consumption patterns are a continuation of past trends, and only a gradual reduction in inequality occurs. Relative to other pathways, SSP2 has medium challenges to mitigation and medium challenges to adaptation (i.e., medium adaptive capacity).

- SSP3 includes high population growth (~13 billion in 2100), low income and continued inequalities, material-intensive consumption and production, barriers to trade, and slow rates of technological change. Relative to other pathways, SSP3 has high challenges to mitigation and high challenges to adaptation (i.e., low adaptive capacity).

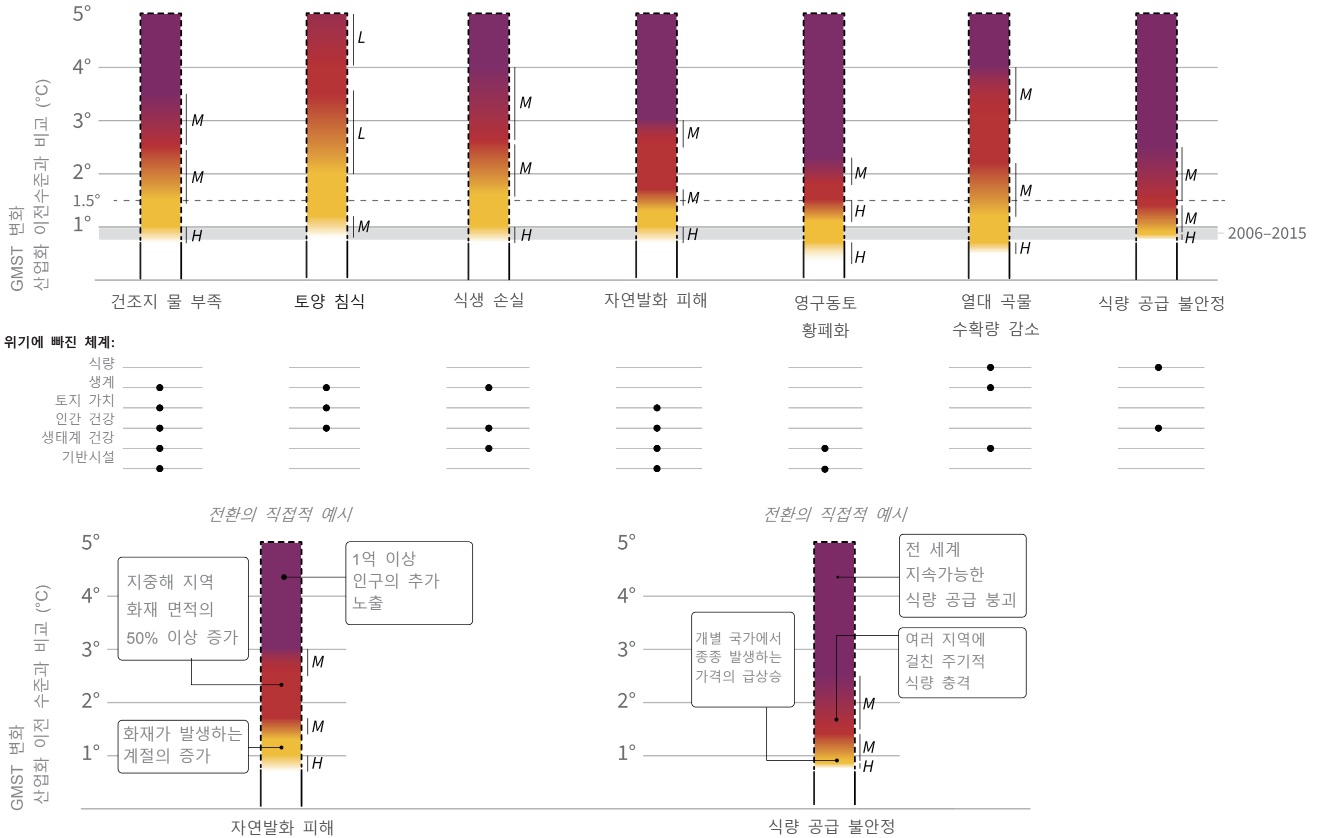
- SSP4 includes medium population growth (~9 billion in 2100), medium income, but significant inequality within and across regions. Relative to other pathways, SSP4 has low challenges to mitigation, but high challenges to adaptation (i.e., low adaptive capacity).

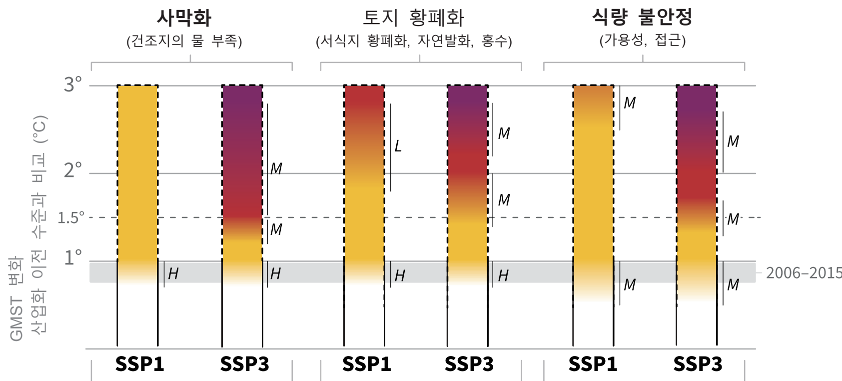
- SSP5 includes a peak and decline in population (~7 billion in 2100), high income, reduced inequalities, and free trade. This pathway includes resource-intensive production, consumption and lifestyles. Relative to other pathways, SSP5 has high challenges to mitigation, but low challenges to adaptation (i.e., high adaptive capacity).

- The SSPs can be combined with Representative Concentration Pathways (RCPs) which imply different levels of mitigation, with implications for adaptation. Therefore, SSPs can be consistent with different levels of global mean surface temperature rise as projected by different SSP-RCP combinations. However, some SSP-RCP combinations are not possible; for instance RCP2.6 and lower levels of future global mean surface temperature rise (e.g., 1.5°C) are not possible in SSP3 in modelled pathways. {1.2.2, 6.1.4, Cross-Chapter Box 1 in Chapter 1, Cross-Chapter Box 9 in Chapter 6}

A. 기후변화에 따른 토지 기반 과정 변화에의 인간과 생태계에 대한 리스크

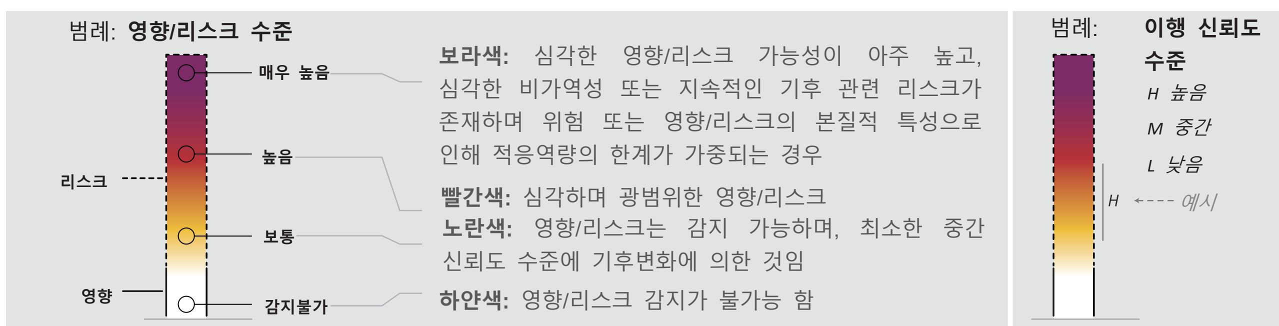
전지구 평균 표면 온도(GMST)의 증가는 산업화 이전 수준과 비교할 때 **사막화**(물 부족), **토지 황폐화**(토양 침식, 식생 손실, 자연산화, 영구동토 해빙), 식량안보(곡물 수확량과 식량 공급의 불안정)와 관련된 과정에 영향을 미친다. 이 과정의 변화는 식량시스템, 생계, 기반시설, 토지의 가치, 인간과 생태계 건강에 리스크를 가져온다. 단일 과정의 변화(예, 자연발화 또는 물 부족)는 복합적 리스크의 원인이다. 리스크 위치별로 다르며, 지역마다 다르다.





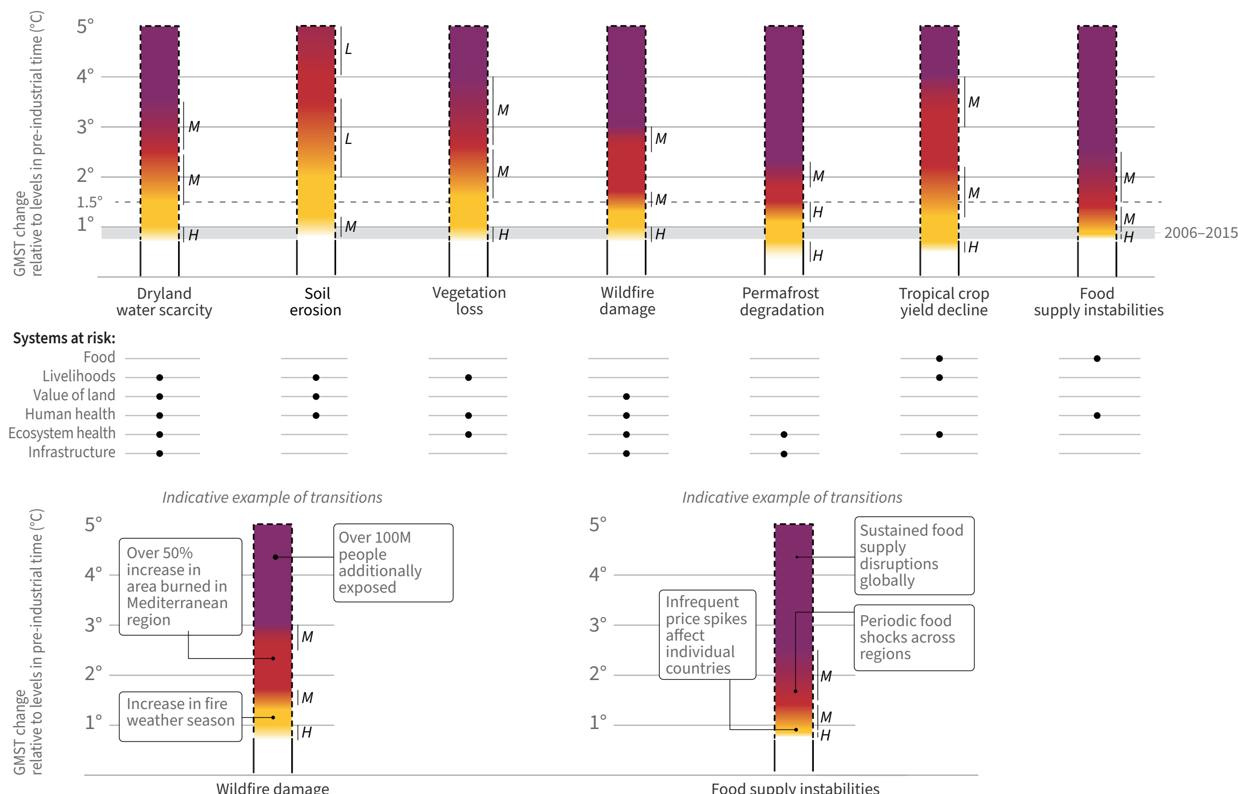
B. 기후 관련 리스크 수준에 영향을 미치는 다양한 사회·경제 경로

사회-경제적 선택은 기후 관련 리스크를 감소 또는 악화시킬 수 있을 뿐만 아니라 온도 상승에도 영향을 미칠 수 있다. **SSP1** 경로는 낮은 인구 성장, 높은 소득 및 불평등 감소, GHG 저감 배출 시스템에서 생산된 식량, 토지이용의 효과적 규제 및 높은 적응역량을 보여주는 세계에 대한 설명이다. **SSP3** 경로는 그와 상반된 경향을 보여준다. GMST 증가가 동일한 수준에서 이루어질 경우 SSP1이 SSP3에 비해 리스크가 더 낮다.

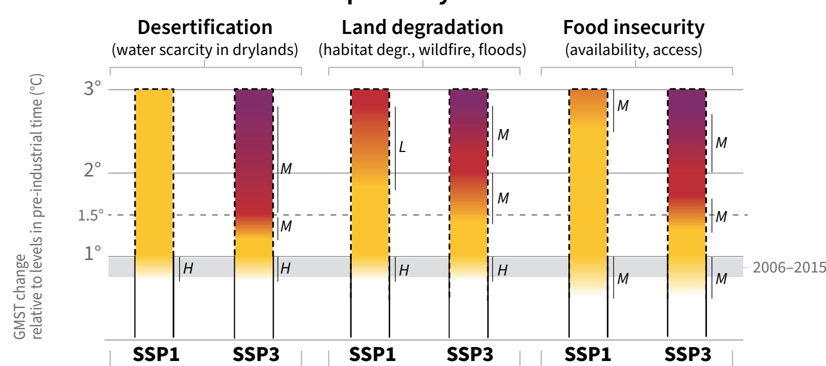


A. Risks to humans and ecosystems from changes in land-based processes as a result of climate change

Increases in global mean surface temperature (GMST), relative to pre-industrial levels, affect processes involved in **desertification** (water scarcity), **land degradation** (soil erosion, vegetation loss, wildfire, permafrost thaw) and **food security** (crop yield and food supply instabilities). Changes in these processes drive risks to food systems, livelihoods, infrastructure, the value of land, and human and ecosystem health. Changes in one process (e.g. wildfire or water scarcity) may result in compound risks. Risks are location-specific and differ by region.



B. Different socioeconomic pathways affect levels of climate related risks



Socio-economic choices can reduce or exacerbate climate related risks as well as influence the rate of temperature increase. The **SSP1** pathway illustrates a world with low population growth, high income and reduced inequalities, food produced in low GHG emission systems, effective land use regulation and high adaptive capacity. The **SSP3** pathway has the opposite trends. Risks are lower in SSP1 compared with SSP3 given the same level of GMST increase.

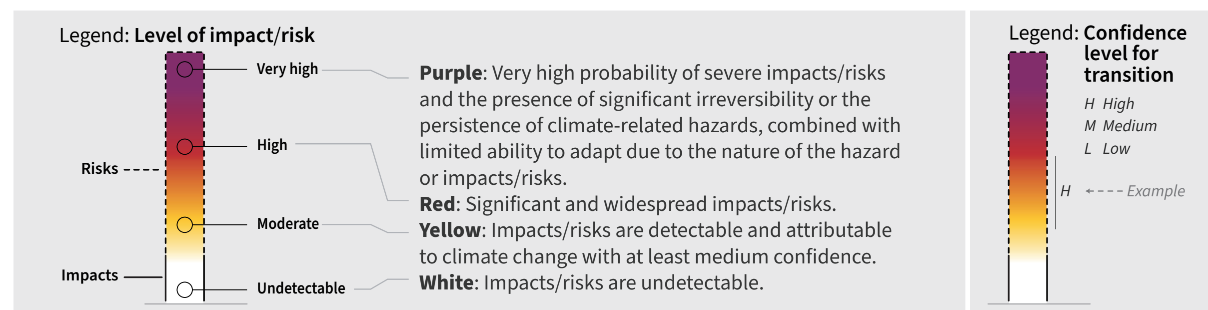


그림 SPM.2 | 육상생태계의 기후변화, 사회경제적 발전 및 완화 옵션이 토지와 관련된 인간계 및 생태계에 미치는 리스크
기존의 IPCC 보고서처럼, 지구온난화 수준을 그 위험 수준에 따라 감지불가, 보통, 높음, 또는 매우 높음 수준의 평가에 필요한 전문가 판단을 내리기 위해 문헌을 활용하였고, 이는 본 보고서의 제7장과 기타 부문에서 상세히 다루고 있다. 그림은 적응 대응 등 다양한 요인의 영향 아래에 있는 온난화 수준의 근사치로 평가된 리스크를 나타낸다. 평가는 아래의 설명대로 SSP 경로와 일치하는 적응역량을 고려한다. **패널 A:** 전지구 평균 표면 온도의 함수로 선택된 토지 시스템의 요소에 대한 리스크 {2.1, 박스 2.1, 3.5, 3.7.1.1, 4.4.1.1, 4.4.1.2, 4.4.1.3, 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4, 5.2.5, 7.2, 7.3, 표 SM7.1}. 더 광범위한 시스템에 대한 연계는 실례에 대한 설명이지만 종합적이지는 않다. SSP2 경로와 일치하는 광범위한 범위에 대한 사회경제적 조건의 중간적 경향에 의해 유발된 중간 수준의 노출과 취약성을 가정하여 리스크 수준을 추정하였다. {표 SM7.4}. **패널 B:** 기후변화와 사회경제적 발전으로 인한 사막화, 토지 황폐화 및 식량 안보와 관련된 리스크. 사막화와 관련된 리스크 증가는 건조지의 물 부족에 노출되고 취약한 인구를 포함한다. 토지 황폐화와 관련된 리스크는 서식지 황폐화 증가, 자연발화와 홍수에 노출된 인구, 홍수 비용을 포함한다. 식량 안보와 관련된 리스크는 기아 위기에 처한 인구 등 식량의 가용성과 접근, 식량 가격 상승, 아동기 저체중에 기인한 장애보정손실수명의 증가를 포함한다. 리스크는 두 가지 대조되는 사회경제적 경로에 대해 평가되며(SSP1 및 SSP3 {박스 SPM.1}) 목표가 설정된 완화 정책의 영향은 제외된다. {3.5, 4.2.1.2, 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4, 5.2.5, 6.1.4, 7.2, 표 SM7.5} 3°C를 초과하는 리스크는 표시하지 않는데, 이는 SSP1가 이 수준의 온도 변화를 벗어나지 않기 때문이다. **모든 패널:** 평가의 일부로, 문헌을 수집하였고 데이터를 요약 표에 발췌하였다. 리스크 전환 임계점을 확인하기 위해 공식적 전문가 추출 프로토콜(수정된 델파이 기법과 셰필드 추출 프레임워크(Sheffield Elicitation Framework) 기반)을 따랐다. 여기에는 수 차례 추출 단계와 두 단계의 독립적 임의 임계점 판정 및 최종 합의 논의가 포함되었다. 방법과 기본 문헌에 대한 추가 정보는 제7장의 보충 자료를 참조할 수 있다.

A.5 기후변화는 토지에 스트레스를 추가적으로 일으켜 생계, 생물다양성, 인간과 생태계 건강, 기반시설, 식량시스템에 대한 기존 리스크를 악화시킨다(*높은 신뢰도*). 토지에 미치는 영향의 증가는 미래 모든 GHG 배출 시나리오에서 예상된다(*높은 신뢰도*). 일부 지역은 더 높은 리스크에 직면하게 될 것이고, 어떤 지역은 이전에 예상하지 못한 리스크를 겪게 될 것이다(*높은 신뢰도*). 다수의 시스템과 부문에 영향을 미치는 연속적(cascading) 리스크는 지역에 따라 다를 것이다(*높은 신뢰도*). (그림 SPM.2) {2.2, 3.5, 4.2, 4.4, 4.7, 5.1, 5.2, 5.8, 6.1, 7.2, 7.3, 제6장의 Cross-Chapter 박스9}

A.5.1 온난화와 더불어 폭염 등 열 관련 현상의 빈도, 강도 및 지속기간은 21세기 동안 지속적으로 증가할 것이다(*높은 신뢰도*). 가뭄의 빈도와 강도는 지중해 지역과 남아프리카 지역에서 특히 증가할 것으로 보인다(*중간 신뢰도*). 극한 강우 현상의 빈도와 강도는 많은 지역에서 증가할 것으로 전망된다(*높은 신뢰도*). {2.2.5, 3.5.1, 4.2.3, 5.2}

A.5.2 온난화가 증가함에 따라, 기후대는 중위도와 고위도에서 극 쪽으로의 이동이 발생할 것으로 전망된다(*높은 신뢰도*). 고위도 지역의 경우, 온난화는 아한대 산림에서 가뭄, 자연발화, 해충 발생 등 교란을 증가시킬 것으로 보인다(*높은 신뢰도*). 중간 및 높은 수준의 GHG 배출 시나리오에 따르면 열대 지역에서는 온난화로 인해 21세기 중/후반까지 전례 없는[29] 기후조건이 나타나게 될 것이다(*중간 신뢰도*). {2.2.4, 2.2.5, 2.5.3, 4.3.2}

A.5.3 현재 지구온난화 수준은 건조지의 물 부족 증가, 토양 침식, 식생 손실, 자연발화 피해, 영구동토 해빙, 연안 황폐화, 열대 작물 수확량 감소에 의한 보통 수준의 리스크와 연관되어 있다. 연속적인 리스크 발생 등 리스크는 온도가 상승하면서 점차 심각해질 것으로 전망된다. 1.5°C 정도의 지구 온난화가 발생하면 건조지의 물 부족, 자연발화 피해, 영구동토의 황폐화, 식량 공급 불안정에 기인하는 리스크가 높아지게 된다(*중간 신뢰도*). 2°C 정도의 지구 온난화에서는 영구동토 황폐화와 식량 공급 불안정에 기인하는 리스크는 아주 높아지게 된다(*중간 신뢰도*). 또한, 3°C 정도의 지구 온난화에서는 식생 손실, 자연발화 피해, 건조지의 물 부족에서 기인하는 리스크 또한 매우 높아지게 될 것으로 전망된다(*중간 신뢰도*). 가뭄, 수분 스트레스 및 폭염과 서식지 황폐화 등 열 관련 현상에 기인한 리스크는 1.5°C~3°C 정도 온난화에서 동시에 증가하게 된다(*낮은 신뢰도*). (그림 SPM.2) {7.2.2, 제6장의 Cross-Chapter 박스9, 제7장 보충 자료}

A.5.4 식량 공급 안정성[30]은 먹이사슬을 교란하는 극한 기후 현상의 규모와 빈도의 증가에 따라 감소할 것으로 전망된다(*높은 신뢰도*). 대기 중 이산화탄소 농도의 증가는 작물의 영양 품질을 감소시킬 수 있다(*높은 신뢰도*). SSP2에서 전지구 작물과 경제 모델에 따르면 기후변화로 인해(RCP6.0) 곡물 가격은 2050년에 중간값 7.6%(1%~23% 범위)가 상승하여, 그 결과 식량 가격이 증가하고 식량 불안정과 기근에 대한 리스크도 증가할 것으로 전망된다(*중간 신뢰도*). 가장 취약한 계층의 인구가 더 심각한 영향을 받게 될 것이다(*높은 신뢰도*). {5.2.3, 5.2.4, 5.2.5, 5.8.1, 7.2.2.2, 7.3.1}

---

[29] 이 보고서에서 규정하는 전례 없는 기후 조건이란 20세기 동안 그 어디에도 발생하지 않은 조건을 말한다. 이 조건은 강력한 계절성 및 강수 변화를 동반한 고온현상이 특징이다. 평가 문헌에서 온도와 강수량 외 기후 변수의 영향은 고려되지 않았다.

[30] 이 보고서는 식량 공급을 가용성과 접근을 포함하는 것으로 규정한다(가격 포함). 식량공급 불안정은 식량에 대한 접근 저하를 통해 식량안보에 영향을 미치는 가변성을 말한다.

Figure SPM.2 | Risks to land-related human systems and ecosystems from global climate change, socio-economic development and mitigation choices in terrestrial ecosystems. As in previous IPCC reports the literature was used to make expert judgements to assess the levels of global warming at which levels of risk are undetectable, moderate, high or very high, as described further in Chapter 7 and other parts of the underlying report. The Figure indicates assessed risks at approximate warming levels which may be influenced by a variety of factors, including adaptation responses. The assessment considers adaptive capacity consistent with the SSP pathways as described below. **Panel A:** Risks to selected elements of the land system as a function of global mean surface temperature {2.1, Box 2.1, 3.5, 3.7.1.1, 4.4.1.1, 4.4.1.2, 4.4.1.3, 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4, 5.2.5, 7.2, 7.3, Table SM7.1}. Links to broader systems are illustrative and not intended to be comprehensive. Risk levels are estimated assuming medium exposure and vulnerability driven by moderate trends in socioeconomic conditions broadly consistent with an SSP2 pathway. {Table SM7.4} **Panel B:** Risks associated with desertification, land degradation and food security due to climate change and patterns of socio-economic development. Increasing risks associated with desertification include population exposed and vulnerable to water scarcity in drylands. Risks related to land degradation include increased habitat degradation, population exposed to wildfire and floods and costs of floods. Risks to food security include availability and access to food, including population at risk of hunger, food price increases and increases in disability adjusted life years attributable due to childhood underweight. Risks are assessed for two contrasted socio-economic pathways (SSP1 and SSP3 {Box SPM.1}) excluding the effects of targeted mitigation policies. {3.5, 4.2.1.2, 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4, 5.2.5, 6.1.4, 7.2, Table SM7.5} Risks are not indicated beyond 3°C because SSP1 does not exceed this level of temperature change. **All panels:** As part of the assessment, literature was compiled and data extracted into a summary table. A formal expert elicitation protocol (based on modified-Delphi technique and the Sheffield Elicitation Framework), was followed to identify risk transition thresholds. This included a multi-round elicitation process with two rounds of independent anonymous threshold judgement, and a final consensus discussion. Further information on methods and underlying literature can be found in Chapter 7 Supplementary Material.

A.5 Climate change creates additional stresses on land, exacerbating existing risks to livelihoods, biodiversity, human and ecosystem health, infrastructure, and food systems (*high confidence*). Increasing impacts on land are projected under all future GHG emission scenarios (*high confidence*). Some regions will face higher risks, while some regions will face risks previously not anticipated (*high confidence*). Cascading risks with impacts on multiple systems and sectors also vary across regions (*high confidence*). (Figure SPM.2) {2.2, 3.5, 4.2, 4.4, 4.7, 5.1, 5.2, 5.8, 6.1, 7.2, 7.3, Cross-Chapter Box 9 in Chapter 6}

A.5.1 With increasing warming, the frequency, intensity and duration of heat related events including heatwaves are projected to continue to increase through the 21st century (*high confidence*). The frequency and intensity of droughts are projected to increase particularly in the Mediterranean region and southern Africa (*medium confidence*). The frequency and intensity of extreme rainfall events are projected to increase in many regions (*high confidence*). {2.2.5, 3.5.1, 4.2.3, 5.2}

A.5.2 With increasing warming, climate zones are projected to further shift poleward in the middle and high latitudes (*high confidence*). In high-latitude regions, warming is projected to increase disturbance in boreal forests, including drought, wildfire, and pest outbreaks (*high confidence*). In tropical regions, under medium and high GHG emissions scenarios, warming is projected to result in the emergence of unprecedented[29] climatic conditions by the mid to late 21st century (*medium confidence*). {2.2.4, 2.2.5, 2.5.3, 4.3.2}

A.5.3 Current levels of global warming are associated with moderate risks from increased dryland water scarcity, soil erosion, vegetation loss, wildfire damage, permafrost thawing, coastal degradation and tropical crop yield decline (*high confidence*). Risks, including cascading risks, are projected to become increasingly severe with increasing temperatures. At around 1.5°C of global warming the risks from dryland water scarcity, wildfire damage, permafrost degradation and food supply instabilities are projected to be high (*medium confidence*). At around 2°C of global warming the risk from permafrost degradation and food supply instabilities are projected to be very high (*medium confidence*). Additionally, at around 3°C of global warming risk from vegetation loss, wildfire damage, and dryland water scarcity are also projected to be very high (*medium confidence*). Risks from droughts, water stress, heat related events such as heatwaves and habitat degradation simultaneously increase between 1.5°C and 3°C warming (*low confidence*). (Figure SPM.2) {7.2.2, Cross-Chapter Box 9 in Chapter 6, Chapter 7 Supplementary Material}

A.5.4 The stability of food supply[30] is projected to decrease as the magnitude and frequency of extreme weather events that disrupt food chains increases (*high confidence*). Increased atmospheric CO_2 levels can also lower the nutritional quality of crops (*high confidence*). In SSP2, global crop and economic models project a median increase of 7.6% (range of 1–23%) in cereal prices in 2050 due to climate change (RCP6.0), leading to higher food prices and increased risk of food insecurity and hunger (*medium confidence*). The most vulnerable people will be more severely affected (*high confidence*). {5.2.3, 5.2.4, 5.2.5, 5.8.1, 7.2.2.2, 7.3.1}

---

29 Unprecedented climatic conditions are defined in this report as 'not having occurred anywhere during the 20th century'. They are characterised by high temperature with strong seasonality and shifts in precipitation. In the literature assessed, the effect of climatic variables other than temperature and precipitation were not considered.

30 The supply of food is defined in this report as 'encompassing availability and access (including price)'. Food supply instability refers to variability that influences food security through reducing access.

A5.5 건조지의 기후변화와 사막화는 작물과 가축의 생산성을 감소시키고(*높은 신뢰도*), 식물 종의 혼합을 변경하며 생물다양성을 감소시킬 것으로 전망된다(*중간 신뢰도*). SSP2에 의하면, 수분 스트레스, 가뭄 강도, 서식지 황폐화에 취약한 건조지의 인구는 2050년경 1.5°C 온난화에서 1.78억 명, 2°C 온난화에서 2.2억 명, 3°C 온난화에서는 2.77억 명에 달할 것으로 전망된다(*낮은 신뢰도*). {3.5.1, 3.5.2, 3.7.3}

A5.6 아시아와 아프리카[31]에서 사막화 증가에 취약한 계층 인구가 가장 많을 것으로 전망된다. 북아메리카, 남아메리카, 지중해, 남아프리카, 중앙아시아에서 자연발화 피해가 증가할 수도 있다. 열대 및 아열대 지역은 작물 수확량 감소에 가장 취약할 것이다. 해수면 상승과 강력해진 사이클론(cyclone)의 결합으로 인한 토지 황폐화는 사이클론의 영향을 받기 쉬운 지역의 생명체와 환경을 위태롭게 할 것으로 전망된다(*매우 높은 신뢰도*). 모집단 내에서 여성, 이동, 노인, 빈곤층이 가장 위험에 처할 것이다(*높은 신뢰도*). {3.5.1, 3.5.2, 4.4, 표 4.1, 5.2.2, 7.2.2, 제2장의 Cross-Chapter 박스3}

A5.7 기후변화는 국가 내 및 국가 간 이동을 환경적으로 증폭시킬 수 있으며(*중간 신뢰도*), 이는 여러 가지 이동성 요인과 이용 가능한 적응 조치를 반영한다(*높은 신뢰도*). 극한 기상 및 기후 현상과 저속 발생 현상(slow-onset events)은 이동 증가, 먹이사슬 교란, 생계의 위협을 야기할 수 있으며(*높은 신뢰도*), 갈등 스트레스를 악화시키는 원인이 될 수도 있다(*중간 신뢰도*). {3.4.2, 4.7.3, 5.2.3, 5.2.4, 5.2.5, 5.8.2, 7.2.2, 7.3.1}

A5.8 지속 불가능한 토지관리는 경제적으로 부정적 영향을 가져왔다(*높은 신뢰도*). 기후변화는 이 부정적인 경제 영향을 더 악화시킬 것으로 전망된다(*높은 신뢰도*). {4.3.1, 4.4.1, 4.7, 4.8.5, 4.8.6, 4.9.6, 4.9.7, 4.9.8, 5.2, 5.8.1, 7.3.4, 7.6.1, 제7장의 Cross-Chapter 박스10}

A6 온난화의 수준과 인구, 소비, 생산, 기술 발전, 토지관리 패턴의 발전은 모두 기후변화로 인한 리스크 수준을 결정한다(*높은 신뢰도*). 식량, 사료, 물에 대한 수요 증가, 더 자원 집약적 소비와 생산 및 농업 수확량 개선에 기술 제약을 보이는 경로는 건조지, 토지 황폐화, 식량 불안정에 의한 리스크를 가중시킨다(*높은 신뢰도*). (그림 SPM.2b) {5.1.4, 5.2.3, 6.1.4, 7.2, 제6장의 Cross-Chapter 박스9}

A6.1 소비 패턴의 변화와 함께, 인구와 소득이 증가하면 모든 SSP에서 2050년에 식량, 사료, 물의 수요가 증가하게 된다(*높은 신뢰도*). 토지관리 실행과 함께, 이러한 변화는 토지이용 변화, 식량 불안정, 물 부족, 육상의 GHG 배출, 탄소 격리 잠재성, 그리고 생물다양성에 영향을 미친다(*높은 신뢰도*). 농업 수요 감소나 생산성 개선을 통해 소득이 증가하고 토지 전환 요구가 감소하는 개발 경로는 식량 불안정을 감소시킬 수 있다(*높은 신뢰도*). 평가된 모든 미래 사회·경제 경로는 물 수요와 물 부족 증가를 가져온다(*높은 신뢰도*). 경작지 확대 증가를 보이는 SSP는 생물다양성의 감소를 가중시킨다(*높은 신뢰도*). {6.1.4}

A6.2 건조지의 물 부족과 관련된 리스크는 공동 사회·경제 경로 1 (SSP1)에서 처럼 낮은 인구 성장률, 물 수요의 낮은 증가, 높은 적응역량을 보이는 경로에서 더 낮게 나타난다 {박스 SPM.1}. 이 시나리오에서 건조지의 물 부족으로 인한 리스크는 3°C의 온난화에서도 중간 수준으로 나타난다(*낮은 신뢰도*). 반대로, 건조지의 물 부족과 관련된 리스크는 높은 인구 증가, 높은 취약성, 높은 물 수요, 낮은 적응역량, 즉, SSP3과 같은 경로에서 더 크게 나타난다. SSP3은 1.2°C~1.5°C 온난화 시 리스크 수준이 중간에서 높은 수준으로 증가한다(*중간 신뢰도*). (그림 SPM.2b, 박스 SPM.1) {7.2}

A6.3 기후변화로 인한 토지 황폐화와 관련된 리스크는 높은 인구, 토지이용 변화의 증가, 낮은 적응역량 및 기타 적응 장벽을 보이는 경로에서 더 높게 나타난다(예: SSP3). 이 시나리오에 따르면 더 많은 사람들이 생태계 황폐화, 화재, 해안 홍수에 노출된다(*중간 신뢰도*). 토지 황폐화로 인한 리스크 수준이 중간 수준에서 높은 수준으로 증가하는 현상은, SSP1에서 1.8°C~2.8°C(*낮은 신뢰도*) 및 SSP3에서는 1.4°C~2°C(*중간 신뢰도*) 지구온난화에서 발생한다. 높은 수준에서 아주 높은 수준으로의 리스크 전환은 SSP3의 경우 2.2°C~2.8°C 온난화에서 발생한다(*중간 신뢰도*). {4.4, 7.2}

A6.4 식량 안보와 관련된 리스크는 낮은 소득, 식량 수요 증가, 토지 경쟁에 의한 식량 가격 상승, 더욱 제한된 무역, 기타 적응 도전이 있는 경로에서 더 높게 나타난다(예: SSP3) (*높은 신뢰도*). 식량 안보에

[31] 서아프리카는 사막화 증가와 생산량 감소에 취약한 인구가 아주 많다. 북아프리카는 물 부족에 취약하다.

A.5.5 In drylands, climate change and desertification are projected to cause reductions in crop and livestock productivity (*high confidence*), modify the plant species mix and reduce biodiversity (*medium confidence*). Under SSP2, the dryland population vulnerable to water stress, drought intensity and habitat degradation is projected to reach 178 million people by 2050 at 1.5°C warming, increasing to 220 million people at 2°C warming, and 277 million people at 3°C warming (*low confidence*). {3.5.1, 3.5.2, 3.7.3}

A.5.6 Asia and Africa[31] are projected to have the highest number of people vulnerable to increased desertification. North America, South America, Mediterranean, southern Africa and central Asia may be increasingly affected by wildfire. The tropics and subtropics are projected to be most vulnerable to crop yield decline. Land degradation resulting from the combination of sea-level rise and more intense cyclones is projected to jeopardise lives and livelihoods in cyclone prone areas (*very high confidence*). Within populations, women, the young, elderly and poor are most at risk (*high confidence*). {3.5.1, 3.5.2, 4.4, Table 4.1, 5.2.2, 7.2.2, Cross-Chapter Box 3 in Chapter 2}

A.5.7 Changes in climate can amplify environmentally induced migration both within countries and across borders (*medium confidence*), reflecting multiple drivers of mobility and available adaptation measures (*high confidence*). Extreme weather and climate or slow-onset events may lead to increased displacement, disrupted food chains, threatened livelihoods (*high confidence*), and contribute to exacerbated stresses for conflict (*medium confidence*). {3.4.2, 4.7.3, 5.2.3, 5.2.4, 5.2.5, 5.8.2, 7.2.2, 7.3.1}

A.5.8 Unsustainable land management has led to negative economic impacts (*high confidence*). Climate change is projected to exacerbate these negative economic impacts (*high confidence*). {4.3.1, 4.4.1, 4.7, 4.8.5, 4.8.6, 4.9.6, 4.9.7, 4.9.8, 5.2, 5.8.1, 7.3.4, 7.6.1, Cross-Chapter Box 10 in Chapter 7}

A.6 The level of risk posed by climate change depends both on the level of warming and on how population, consumption, production, technological development, and land management patterns evolve (*high confidence*). Pathways with higher demand for food, feed, and water, more resource-intensive consumption and production, and more limited technological improvements in agriculture yields result in higher risks from water scarcity in drylands, land degradation, and food insecurity (*high confidence*). (Figure SPM.2b) {5.1.4, 5.2.3, 6.1.4, 7.2, Cross-Chapter Box 9 in Chapter 6}

A.6.1 Projected increases in population and income, combined with changes in consumption patterns, result in increased demand for food, feed, and water in 2050 in all SSPs (*high confidence*). These changes, combined with land management practices, have implications for land-use change, food insecurity, water scarcity, terrestrial GHG emissions, carbon sequestration potential, and biodiversity (*high confidence*). Development pathways in which incomes increase and the demand for land conversion is reduced, either through reduced agricultural demand or improved productivity, can lead to reductions in food insecurity (*high confidence*). All assessed future socio-economic pathways result in increases in water demand and water scarcity (*high confidence*). SSPs with greater cropland expansion result in larger declines in biodiversity (*high confidence*). {6.1.4}

A.6.2 Risks related to water scarcity in drylands are lower in pathways with low population growth, less increase in water demand, and high adaptive capacity, as in SSP1 {Box SPM.1}. In these scenarios the risk from water scarcity in drylands is moderate even at global warming of 3°C (*low confidence*). By contrast, risks related to water scarcity in drylands are greater for pathways with high population growth, high vulnerability, higher water demand, and low adaptive capacity, such as SSP3. In SSP3 the transition from moderate to high risk occurs between 1.2°C and 1.5°C (*medium confidence*). (Figure SPM.2b, Box SPM.1) {7.2}

A.6.3 Risks related to climate change driven land degradation are higher in pathways with a higher population, increased land-use change, low adaptive capacity and other barriers to adaptation (e.g., SSP3). These scenarios result in more people exposed to ecosystem degradation, fire, and coastal flooding (*medium confidence*). For land degradation, the projected transition from moderate to high risk occurs for global warming between 1.8°C and 2.8°C in SSP1 (*low confidence*) and between 1.4°C and 2°C in SSP3 (*medium confidence*). The projected transition from high to very high risk occurs between 2.2°C and 2.8°C for SSP3 (*medium confidence*). (Figure SPM.2b) {4.4, 7.2}

A.6.4 Risks related to food security are greater in pathways with lower income, increased food demand, increased food prices resulting from competition for land, more limited trade, and other challenges to adaptation (e.g., SSP3) (*high confidence*). For

[31] West Africa has a high number of people vulnerable to increased desertification and yield decline. North Africa is vulnerable to water scarcity.

대한 리스크가 중간 수준에서 높은 수준으로 증가하는 현상은 SSP1에서 2.5°C~3.5°C (*중간 신뢰도*), SSP3에서는 1.3°C~1.7°C(*중간 신뢰도*) 지구온난화에서 발생한다. 높은 수준에서 아주 높은 수준으로의 리스크 전환은 SSP3의 경우 2°C~2.7°C 온난화에서 발생한다(*중간 신뢰도*). (그림 SPM.2b) {7.2}

A.6.5 도시 확장은 경작지 전환으로 이어지고 이로 인해 식량 생산 손실이 발생한다(*높은 신뢰도*). 이는 식량시스템에 추가적인 리스크를 발생시킬 수 있다. 이 영향을 줄이기 위한 전략은 도시와 도시 주변지역의 식량 생산 및 도시 확장 관리뿐만 아니라, 도시의 기후 리스크를 줄일 수 있는 도시 친환경 기반시설도 포함할 수 있다[32](*높은 신뢰도*). (그림 SPM.3) {4.9.1, 5.5, 5.6, 6.3, 6.4, 7.5.6}

[32] 이 보고서에서 고려하는 토지 시스템은 도시 생태계 역학을 상세히 포함하지 않는다. 도시지역, 도시 확대, 및 기타 도시화 과정과 이와 연관된 토지 관련 과정은 광범위하고, 역동적이며 복잡하다. 인구, 성장, 소득, 식량 생산과 소비, 식량안보, 식생활 등 이 보고서에서 제시하는 여러 사안은 이와 같은 도시의 현상과 밀접한 관계가 있다. 도시지역은 재해위험의 증가로 이어질 수 있는 생태계 기능과 서비스 손실 등 토지이용 변화와 관련된 다양한 과정이 일어나는 장소이기도 하다. 이 보고서는 도시에 대한 일부 특정 사안을 평가한다.

food security, the transition from moderate to high risk occurs for global warming between 2.5°C and 3.5°C in SSP1 (*medium confidence*) and between 1.3°C and 1.7°C in SSP3 (*medium confidence*). The transition from high to very high risk occurs between 2°C and 2.7°C for SSP3 (*medium confidence*). (Figure SPM.2b) {7.2}

A.6.5 Urban expansion is projected to lead to conversion of cropland leading to losses in food production (*high confidence*). This can result in additional risks to the food system. Strategies for reducing these impacts can include urban and peri-urban food production and management of urban expansion, as well as urban green infrastructure that can reduce climate risks in cities[32] (*high confidence*). (Figure SPM.3) {4.9.1, 5.5, 5.6, 6.3, 6.4, 7.5.6}

[32] The land systems considered in this report do not include urban ecosystem dynamics in detail. Urban areas, urban expansion, and other urban processes and their relation to land-related processes are extensive, dynamic, and complex. Several issues addressed in this report such as population, growth, incomes, food production and consumption, food security, and diets have close relationships with these urban processes. Urban areas are also the setting of many processes related to land-use change dynamics, including loss of ecosystem functions and services, that can lead to increased disaster risk. Some specific urban issues are assessed in this report.

B. 적응과 완화 대응 옵션

B.1 기후변화 적응과 완화에 기여하는 다양한 토지 관련 대응 방안은 식량안보를 향상시킬 수 있으며 사막화와 토지 황폐화에 대응할 수 있다. 토지 관련 대응 및 적응과 완화의 상대적 강조에 대한 잠재성은 지역사회와 지역의 적응역량 등에 달려있다. 토지와 관련된 대응 옵션은 적응과 완화에 중요한 기여를 하지만, 적응에 대한 장벽과 전 세계적 완화에 대한 기여에는 한계가 있다(*매우 높은 신뢰도*). (그림 SPM.3) {2.6, 4.8, 5.6, 6.1, 6.3, 6.4}

B.1.1 기후변화 적응과 완화 및 지속가능한 발전에 기여하는 일부 토지 관련 활동은 이미 진행되고 있다. 적응, 완화, 사막화와 토지 황폐화 방지, 식량안보와 지속가능한 발전 측면에서 대응 옵션을 평가하였고, 엄선된 일련의 옵션이 이 모든 도전 전반에 전달된다. 이 옵션은 지속가능한 식량 생산, 산림관리 개선과 지속가능성, 토양의 유기 탄소 관리, 생태계 보존과 토지 복원, 산림파괴와 황폐화 감소, 식량 손실과 폐기 감소를 포함하지만 이에 국한되지는 않는다(*높은 신뢰도*). 이러한 대응 옵션은 생물물리학적, 사회경제학적, 그리고 기타 가능한 요소의 통합을 요구한다. {6.3, 6.4.5, 7.5.6, 제7장의 Cross-Chapter 박스10}

B.1.2 몇 가지 대응 옵션은 즉각적인 영향이 있는 반면, 일부는 측정 가능한 결과가 나올 때까지 수십 년이 걸린다. 즉각적인 영향을 보이는 반응 옵션의 사례는 이탄지, 습지, 방목지, 맹그로브, 산림 등 고탄소 생태계 보존을 들 수 있다. 다양한 생태계 서비스와 기능을 제공하지만 실행되는데 시간이 걸리는 사례는 신규조림과 재조림, 고탄소 생태계 복원, 혼농임업, 그리고 황폐화된 토지 개간을 들 수 있다(*높은 신뢰도*). {6.4.5, 7.5.6, 제7장의 Cross-Chapter 박스10}

B.1.3 대응 옵션을 성공적으로 이행하려면 지역 환경과 사회경제적 조건을 고려해야 한다. 토양 탄소 관리 등 몇 가지 옵션은 광범위한 토지 이용 유형 전반에 잠재적으로 적용 가능하지만, 유기질 토양, 이탄지와 습지 및 담수 자원과 연관된 것과 관련된 토지 관리 실행의 효용성은 특정한 농업생태학적 조건에 달려있다(*높은 신뢰도*). 기후변화의 위치 특성이 농업생태 시스템의 식량시스템 구성요소와 광범위한 변동에 영향을 미친다는 점을 고려하면, 적응과 완화 옵션 및 그 장벽은 지역 및 현지 차원에서 환경과 문화적 맥락과 연관된다(*높은 신뢰도*). 토지 황폐화 중립의 달성은 현지, 지역과 국가적 규모 및 농업, 목초지, 산림, 물 등 다수 부문에 걸친 다각적 대응 통합에 좌우된다(*높은 신뢰도*). {4.8, 6.2, 6.3, 6.4.4, 7.5.6}

B.1.4 신규조림, 재조림, 혼농임업, 무기질 토양의 토양 탄소 관리, 또는 수확한 목재의 탄소 저장 등 토지나 식생 내 탄소 격리를 일으키는 토지 기반 옵션은 탄소를 무기한으로 계속 격리하지는 않는다(*높은 신뢰도*). 그러나 이탄지는 수 세기 동안 탄소를 지속적으로 격리시킬 수 있다(*높은 신뢰도*). 식생이 성숙하거나 녹지와 토지의 탄소 저장이 포화상태에 도달하면 대기 중 이산화탄소의 연간 제거량은 영(0)에 가깝게 감소하지만, 탄소 저장량은 유지될 수 있다(*높은 신뢰도*). 그러나 홍수, 가뭄, 화재, 해충 발생 등 교란에 의한 미래 손실(또는 흡수원 역전) 또는 미래의 관리 미비로 인해 식생과 토양에 축적된 탄소는 리스크에 처하게 된다(*높은 신뢰도*). {6.4.1}

B.2 평가된 대부분의 대응 옵션은 지속가능한 발전과 기타 사회적 목적에 긍정적으로 기여한다(*높은 신뢰도*). 다수의 대응 옵션은 토지에 대한 경쟁 없이 적용될 수 있으며 다양한 공동 이익을 줄 수 있는 잠재성을 지닌다(*높은 신뢰도*). 일련의 추가 대응 옵션은 토지 수요를 감소시키는 잠재성을 포함하고 있기 때문에, 기후변화 적응과 완화, 사막화와 토지 황폐화 방지, 식량 안보 개선에 적용할 수 있는 기타 대응의 잠재성을 증가시킨다(*높은 신뢰도*). (그림 SPM.3) {4.8, 6.2, 6.3.6, 6.4.3}

B.2.1 경작지와 방목지 관리 개선, 산림 관리의 개선과 지속가능성, 토양 유기 탄소 함량 증가 등 다수의 토지관리 옵션은 토지 이용 변화를 요구하지 않으며 토지 전환을 추가로 요구하지 않는다(*높은 신뢰도*). 또한, 식량 생산성 증가, 식이 선택, 식량 손실 및 폐기물 감소 등 다수의 대응 옵션은 토지 전환에 대한 요구를 감소시킬 수 있으므로, 미경작 토지가 생겨나고 기타 대응 옵션의 이행을 강화시킬 수 있는 기회를 만들어낼 수 있다(*높은 신뢰도*). 토지 경쟁을 감소시키는 대응 옵션이 가능하며 다양한

B. Adaptation and mitigation response options

B.1 Many land-related responses that contribute to climate change adaptation and mitigation can also combat desertification and land degradation and enhance food security. The potential for land-related responses and the relative emphasis on adaptation and mitigation is context specific, including the adaptive capacities of communities and regions. While land-related response options can make important contributions to adaptation and mitigation, there are some barriers to adaptation and limits to their contribution to global mitigation (*very high confidence*). (Figure SPM.3) {2.6, 4.8, 5.6, 6.1, 6.3, 6.4}

B.1.1 Some land-related actions are already being taken that contribute to climate change adaptation, mitigation and sustainable development. The response options were assessed across adaptation, mitigation, combating desertification and land degradation, food security and sustainable development, and a select set of options deliver across all of these challenges. These options include, but are not limited to, sustainable food production, improved and sustainable forest management, soil organic carbon management, ecosystem conservation and land restoration, reduced deforestation and degradation, and reduced food loss and waste (*high confidence*). These response options require integration of biophysical, socioeconomic and other enabling factors. {6.3, 6.4.5, 7.5.6, Cross-Chapter Box 10 in Chapter 7}

B.1.2 While some response options have immediate impacts, others take decades to deliver measurable results. Examples of response options with immediate impacts include the conservation of high-carbon ecosystems such as peatlands, wetlands, rangelands, mangroves and forests. Examples that provide multiple ecosystem services and functions, but take more time to deliver, include afforestation and reforestation as well as the restoration of high-carbon ecosystems, agroforestry, and the reclamation of degraded soils (*high confidence*). {6.4.5, 7.5.6, Cross-Chapter Box 10 in Chapter 7}

B.1.3 The successful implementation of response options depends on consideration of local environmental and socio-economic conditions. Some options such as soil carbon management are potentially applicable across a broad range of land use types, whereas the efficacy of land management practices relating to organic soils, peatlands and wetlands, and those linked to freshwater resources, depends on specific agro-ecological conditions (*high confidence*). Given the site-specific nature of climate change impacts on food system components and wide variations in agroecosystems, adaptation and mitigation options and their barriers are linked to environmental and cultural context at regional and local levels (*high confidence*). Achieving land degradation neutrality depends on the integration of multiple responses across local, regional and national scales and across multiple sectors including agriculture, pasture, forest and water (*high confidence*). {4.8, 6.2, 6.3, 6.4.4, 7.5.6}

B.1.4 Land-based options that deliver carbon sequestration in soil or vegetation, such as afforestation, reforestation, agroforestry, soil carbon management on mineral soils, or carbon storage in harvested wood products, do not continue to sequester carbon indefinitely (*high confidence*). Peatlands, however, can continue to sequester carbon for centuries (*high confidence*). When vegetation matures or when vegetation and soil carbon reservoirs reach saturation, the annual removal of CO_2 from the atmosphere declines towards zero, while carbon stocks can be maintained (*high confidence*). However, accumulated carbon in vegetation and soils is at risk from future loss (or sink reversal) triggered by disturbances such as flood, drought, fire, or pest outbreaks, or future poor management (*high confidence*). {6.4.1}

B.2 Most of the response options assessed contribute positively to sustainable development and other societal goals (*high confidence*). Many response options can be applied without competing for land and have the potential to provide multiple co-benefits (*high confidence*). A further set of response options has the potential to reduce demand for land, thereby enhancing the potential for other response options to deliver across each of climate change adaptation and mitigation, combating desertification and land degradation, and enhancing food security (*high confidence*). (Figure SPM.3) {4.8, 6.2, 6.3.6, 6.4.3}

B.2.1 A number of land management options, such as improved management of cropland and grazing lands, improved and sustainable forest management, and increased soil organic carbon content, do not require land use change and do not create demand for more land conversion (*high confidence*). Further, a number of response options such as increased food productivity, dietary choices and food losses, and waste reduction, can reduce demand for land conversion, thereby potentially freeing land and creating opportunities for enhanced implementation of other response options (*high confidence*). Response

규모(농장에서 지역 규모)로 적용할 수 있다(*높은 신뢰도*). (그림 SPM.3) {4.8, 6.3.6, 6.4}

B.2.2 이탄지, 해안 지대, 산림 등 자연 생태계의 보존과 복원, 생물다양성 보전, 토지 경쟁 감소, 화재 관리, 토양 관리 및 대부분의 리스크 관리 옵션(예: 현지 종자, 재해 리스크 관리, 리스크 공유 수단 이용) 등과 같은 광범위한 적응과 완화 대응은 지속가능한 발전, 생태계 기능과 서비스 향상, 기타 사회적 목표에 긍정적인 기여를 할 수 있는 잠재성을 지니고 있다(*중간 신뢰도*). 일부 맥락에서 생태계 기반 적응은 자연 보전을 촉진하면서 빈곤을 완화하고 심지어 온실가스 제거와 생계 보호를 통해 공동 이익을 제공할 수 있다(예, 맹그로브) (*중간 신뢰도*). {6.4.3, 7.4.6.2}

B.2.3 토지 경쟁을 증가시키지 않는 대부분의 토지관리 기반 대응 옵션 및 가치 사슬 관리에 기반한 거의 모든 옵션(예: 식이 선택, 수확 후 손실 감소, 식량 폐기물 감소)과 리스크 관리는 빈곤을 퇴치하고 기아를 근절하는 동시에 양호한 건강과 복지, 깨끗한 물과 위생, 기후 행동, 그리고 육지 생활을 증진시키는 데 기여할 수 있다(*중간 신뢰도*). {6.4.3}

B.3 대부분의 대응 옵션이 토지의 가용성에 대한 경쟁을 일으키지 않고 적용 가능하지만, 경우에 따라 토지 전환에 대한 요구를 증가시킬 수 있다(*높은 신뢰도*). 여러 GtCO$_2$ yr^{-1}의 효율적 활용 규모에서, 토지 전환에 대한 요구 증가는 적응, 사막화, 토지 황폐화, 식량안보에 부정적인 부작용을 초래하였다(*높은 신뢰도*). 전체 토지 중 제한된 부분에 적용되고 지속가능하게 관리되는 경관에 통합된다면, 부정적인 부작용이 감소하고 일부 긍정적인 공동 이익도 실현 가능할 것이다(*높은 신뢰도*). (그림 SPM.3) {4.5, 6.2, 6.4, 제6장의 Cross-Chapter 박스7}

B.3.1 여러 GtCO$_2$yr^{-1} 수준에서 대기 중 이산화탄소 제거에 필요한 규모로 적용된다면, 탄소 포집과 저장이 있거나 없는 바이오에너지 또는 바이오 숯에 공급원료를 제공하기 위한 신규조림, 재조림, 토지이용은 토지 전환에 대한 요구를 상당히 증가시킬 수 있다(*높은 신뢰도*). 적절한 규모에서 지속적으로 관리되는 경관으로의 통합은 악영향을 개선할 수 있다(*중간 신뢰도*). 초지에서 경작지로의 전환 감소, 이탄지의 복원과 감소된 전환, 해안 습지의 복원과 감소된 전환은 전 지구 소규모 육상 지역에 영향을 미치고, 이 옵션이 토지이용 변화에 미치는 영향은 감소하거나 더 가변적이다(*높은 신뢰도*). (그림 SPM.3) {제6장의 Cross-Chapter 박스7, 6.4}

B.3.2 토지가 기후변화 완화에 가치있는 기여를 할 수 있지만, 바이오에너지 작물이나 신규조림 등 토지 기반 완화 조치의 효율적 활용에는 한계가 있다. 전 세계적으로 수 백만 km^2 규모의 광범위한 이용은 사막화, 토지 황폐화, 식량 안보 및 지속가능 발전에 대한 리스크를 증가시킬 수 있다(*중간 신뢰도*). 기타 토지이용을 대체하는 토지 기반 완화 조치를 전체 토지 중 일부에 제한적으로 적용하면, 부정적인 부작용은 감소하고 적응, 사막화, 토지 황폐화 또는 식량 안보와 관련된 긍정적인 공동 이익을 가져올 수 있다(*높은 신뢰도*). (그림 SPM.3) {4.2, 4.5, 6.4, 제6장 Cross-Chapter 박스7}

B.3.3 바이오에너지용 생체량의 생산과 이용은 공동 이익과 부정적 부작용뿐만 아니라 토지 황폐화, 식량 불안정, GHG 배출, 기타 환경과 지속가능발전목표에 대한 리스크를 발생시킬 수 있다(*높은 신뢰도*). 이러한 영향은 맥락에 고유하고, 효율적 활용의 규모, 최초 토지 이용과 토지 유형, 바이오에너지 공급원료, 초기 탄소 저장량, 기후 지역과 관리 체제에 따라 다르다. 기타 토지 요구 옵션은 유사한 범위의 영향을 가질 수 있다(*높은 신뢰도*). 잔여물과 유기 폐기물을 바이오에너지 공급원료로 이용하면 바이오에너지의 효율적 활용과 관련된 토지이용 변화에 대한 압박을 완화시킬 수 있지만, 잔여물은 제한적이고, 제거하지 않으면 토양에 잔류하는 잔여물 제거는 토양 황폐화로 이어질 수 있다(*높은 신뢰도*). (그림 SPM.3) {2.6, 1.5, 제6장 Cross-Chapter 박스7}

B.3.4 낮은 인구, 효과적인 토지 이용 규제, GHG 배출 저감 시스템에서의 식량 생산, 그리고 식량 손실과 폐기 저감이 특징인 공동 사회·경제 경로(SSP1)의 경우, 바이오에너지 또는 BECCS가 1백만 km^2 ~ 4백만 km^{2}이면 건조지의 식량 안보, 토지 황폐화, 그리고 물 부족에 기인한 리스크는 낮은 수준에서 중간 수준으로 바뀐다(*중간 신뢰도*). 반대로, 높은 인구, 저소득, 그리고 기술 변화가 느린 경로의 경우(SSP3), 낮은 수준에서 중간 수준으로의 리스크 변화는 바이오에너지 또는 BECCS가 0.1백만 km^2 ~ 1백만 km^{2}일 때 발생한다(*중간 신뢰도*). (박스 CPM.1) {6.4, 표 SM7.6, 제6장d의 Cross-Chapte 박스7}

B.4 많은 사막화 방지 활동은 사회에 지속가능한 발전의 공동 이익을 가져오는 생물다양성 손실을

options that reduce competition for land are possible and are applicable at different scales, from farm to regional (*high confidence*). (Figure SPM.3) {4.8, 6.3.6, 6.4}

B.2.2 A wide range of adaptation and mitigation responses, e.g., preserving and restoring natural ecosystems such as peatland, coastal lands and forests, biodiversity conservation, reducing competition for land, fire management, soil management, and most risk management options (e.g., use of local seeds, disaster risk management, risk sharing instruments) have the potential to make positive contributions to sustainable development, enhancement of ecosystem functions and services and other societal goals (*medium confidence*). Ecosystem-based adaptation can, in some contexts, promote nature conservation while alleviating poverty and can even provide co-benefits by removing GHGs and protecting livelihoods (e.g., mangroves) (*medium confidence*). {6.4.3, 7.4.6.2}

B.2.3 Most of the land management-based response options that do not increase competition for land, and almost all options based on value chain management (e.g., dietary choices, reduced post-harvest losses, reduced food waste) and risk management, can contribute to eradicating poverty and eliminating hunger while promoting good health and wellbeing, clean water and sanitation, climate action, and life on land (*medium confidence*). {6.4.3}

B.3 Although most response options can be applied without competing for available land, some can increase demand for land conversion (*high confidence*). At the deployment scale of several $GtCO_2$ yr^{-1}, this increased demand for land conversion could lead to adverse side effects for adaptation, desertification, land degradation and food security (*high confidence*). If applied on a limited share of total land and integrated into sustainably managed landscapes, there will be fewer adverse side-effects and some positive co-benefits can be realised (*high confidence*). (Figure SPM.3) {4.5, 6.2, 6.4, Cross-Chapter Box 7 in Chapter 6}

B.3.1 If applied at scales necessary to remove CO_2 from the atmosphere at the level of several $GtCO_2$ yr^{-1}, afforestation, reforestation and the use of land to provide feedstock for bioenergy with or without carbon capture and storage, or for biochar, could greatly increase demand for land conversion (*high confidence*). Integration into sustainably managed landscapes at appropriate scale can ameliorate adverse impacts (*medium confidence*). Reduced grassland conversion to croplands, restoration and reduced conversion of peatlands, and restoration and reduced conversion of coastal wetlands affect smaller land areas globally, and the impacts on land use change of these options are smaller or more variable (*high confidence*). (Figure SPM.3) {Cross-Chapter Box 7 in Chapter 6, 6.4}

B.3.2 While land can make a valuable contribution to climate change mitigation, there are limits to the deployment of land-based mitigation measures such as bioenergy crops or afforestation. Widespread use at the scale of several millions of km^2 globally could increase risks for desertification, land degradation, food security and sustainable development (*medium confidence*). Applied on a limited share of total land, land-based mitigation measures that displace other land uses have fewer adverse side-effects and can have positive co-benefits for adaptation, desertification, land degradation or food security (*high confidence*). (Figure SPM.3) {4.2, 4.5, 6.4; Cross-Chapter Box 7 in Chapter 6}

B.3.3 The production and use of biomass for bioenergy can have co-benefits, adverse side-effects, and risks for land degradation, food insecurity, GHG emissions and other environmental and sustainable development goals (*high confidence*). These impacts are context specific and depend on the scale of deployment, initial land use, land type, bioenergy feedstock, initial carbon stocks, climatic region and management regime, and other land-demanding response options can have a similar range of consequences (*high confidence*). The use of residues and organic waste as bioenergy feedstock can mitigate land use change pressures associated with bioenergy deployment, but residues are limited and the removal of residues that would otherwise be left on the soil could lead to soil degradation (*high confidence*). (Figure SPM.3) {2.6.1.5, Cross-Chapter Box 7 in Chapter 6}

B.3.4 For projected socioeconomic pathways with low population, effective land-use regulation, food produced in low-GHG emission systems and lower food loss and waste (SSP1), the transition from low to moderate risk to food security, land degradation and water scarcity in dry lands occur between 1 and 4 million km^2 of bioenergy or bioenergy with carbon capture and storage (BECCS) (*medium confidence*). By contrast, in pathways with high population, low income and slow rates of technological change (SSP3), the transition from low to moderate risk occurs between 0.1 and 1 million km^2 (*medium confidence*). (Box SPM.1) {6.4, Table SM7.6, Cross-Chapter Box 7 in Chapter 6}

B.4 Many activities for combating desertification can contribute to climate change adaptation with mitigation co-benefits, as well as to halting biodiversity loss with sustainable development co-benefits

중단시킬 뿐만 아니라 기후변화 완화의 공동 이익과 함께 기후변화 적응에도 기여할 수 있다(*높은 신뢰도*). 사막화 방지, 감소, 그리고 역전은 토양 비옥도를 향상시키고 토양과 생체량 내 탄소 저장을 증가시키며, 농업 생산성과 식량 안보에 유용할 것이다(*높은 신뢰도*). 사막화 방지는 잔류 리스크와 부적응 결과 잠재성으로 인해 황폐화된 토지를 복원하려는 시도보다 선호된다(*높은 신뢰도*). {3.6.1, 3.6.2, 3.6.3, 3.6.4, 3.7.1, 3.7.2}

B.4.1 기후변화 적응과 완화에 도움이 되는 동시에 사막화를 방지하는 해결책은 부지와 지역에 따라 다르며, 그 중에서도 집수와 미량 관개, 생태학적으로 적합한 내건성 식물을 이용한 황폐화된 토지 복원, 혼농임업, 그리고 기타 농업생태학과 생태계 기반 적응 실행을 포함한다(*높은 신뢰도*). {3.3, 3.6.1, 3.7.2, 3.7.5, 5.2, 5.6}

B.4.2 먼지와 모래 폭풍 및 사구 이동의 감소는 풍화로 인한 부정적 영향을 감소시키고 공기의 질과 건강을 개선시킬 수 있다(*높은 신뢰도*). 물 가용성과 토양 조건에 따라, 신규조림, 식재와 생태계 복원 프로그램(물 요구가 낮고 기후변화 회복력이 있는 토종 수종으로 "방풍림(green wall)"과 "방풍댐(green dam)" 형태의 방풍책 조성이 목표)은 모래 폭풍을 감소시키고 풍화를 방지하며 탄소 흡수원에 기여하면서, 미기후 및 토양의 영양분과 수분 보유를 개선시킬 수 있다(*높은 신뢰도*). {3.3, 3.6.1, 3.7.2, 3.7.5}

B.4.3 사막화 방지 조치는 토양의 탄소 격리를 촉진시킬 수 있다(*높은 신뢰도*). 자연적 식생 복원과 황폐화된 토지에 대한 식재는 장기적으로 표토와 심토의 탄소량을 풍부하게 한다(*중간 신뢰도*). 보존농업 사례를 건조지에 적용한 이후의 탄소 격리 모델화 비율은 현지 조건에 따라 다르다(*중간 신뢰도*). 토양 탄소가 소실되면, 탄소 저장량을 회복하는 데 상당한 기간이 소요될 수 있다. {3.1.4, 3.3, 3.6.1, 3.6.3, 3.7.1, 3.7.2}

B.4.4 빈곤을 퇴치하고 식량안보를 보장하려면 방목장, 경작지, 산림의 토지 황폐화 중립을 증진하는 조치(토지 황폐화의 방지, 감소, 역전 포함)가 유용할 수 있는데, 이는 사막화 방지에 기여하는 동시에 지속가능한 발전의 틀 안에서 기후변화의 완화와 적응을 가능하게 하기 때문이다. 이러한 조치에는 산림파괴 방지, 방목장과 산불 관리 등 지역적으로 적절한 실천이 포함된다(*높은 신뢰도*). {3.4.2, 3.6.1, 3.6.2, 3.6.3, 4.8.5}.

B.4.5 현재 기후변화와 사막화의 복합적 영향에 대한 적응 한계와 잠재적 부적응에 대한 지식이 부재한 상태이다. 새로운 또는 개선된 적응 옵션이 부재한 상태에서, 잔류 리스크와 부적응 결과의 잠재성은 높은 수준이다(*높은 신뢰도*). 해결책이 제공된다고 해도, 사회적·경제적·제도적 제약이 그 이행에 장애물을 야기할 수 있다(*중간 신뢰도*). 토양의 염류화 작용을 야기하거나 추출 시 지하수 고갈로 이어지는 관개 등 환경적 영향으로 인해 일부 적응 옵션은 잘못 적용될 수 있다(*중간 신뢰도*). 극한 형태의 사막화는 토지 생산성을 완전히 손실시켜, 적응 옵션을 제한하거나 적응 한계에 이를 수 있다(*높은 신뢰도*). {제3장 요약, 3.6.4, 3.7.5, 7.4.9}

B.4.6 청정 에너지 배출원과 기술에 대한 접근을 개발하며, 활성화하고 촉진하게 되면 기후변화에 대한 적응 및 완화뿐 아니라 에너지용 생체량의 전통적인 사용 감소를 통해 사막화와 삼림 황폐화 방지에도 기여할 수 있으며, 동시에 에너지 공급의 다양성을 향상시킬 수 있다(*중간 신뢰도*). 이는 특히 여성과 어린이에게 사회경제적, 그리고 보건상 이익을 가져올 수 있다(*높은 신뢰도*). 풍력과 태양에너지 기반시설의 효율성이 인정되고 있지만, 일부 지역에서는 그 효율성이 먼지와 모래 폭풍의 영향을 받을 수 있다(*높은 신뢰도*). {3.5.3, 3.5.4, 4.4.4, 7.5.2, 제7장의 Cross-Chapter 박스12}

to society (*high confidence*). Avoiding, reducing and reversing desertification would enhance soil fertility, increase carbon storage in soils and biomass, while benefitting agricultural productivity and food security (*high confidence*). Preventing desertification is preferable to attempting to restore degraded land due to the potential for residual risks and maladaptive outcomes (*high confidence*). {3.6.1, 3.6.2, 3.6.3, 3.6.4, 3.7.1, 3.7.2}

B.4.1 Solutions that help adapt to and mitigate climate change while contributing to combating desertification are site and regionally specific and include inter alia: water harvesting and micro-irrigation, restoring degraded lands using drought-resilient ecologically appropriate plants, agroforestry, and other agroecological and ecosystem-based adaptation practices (*high confidence*). {3.3, 3.6.1, 3.7.2, 3.7.5, 5.2, 5.6}

B.4.2 Reducing dust and sand storms and sand dune movement can lessen the negative effects of wind erosion and improve air quality and health (*high confidence*). Depending on water availability and soil conditions, afforestation, tree planting and ecosystem restoration programs, which aim for the creation of windbreaks in the form of 'green walls' and 'green dams' using native and other climate resilient tree species with low water needs, can reduce sand storms, avert wind erosion, and contribute to carbon sinks, while improving micro-climates, soil nutrients and water retention (*high confidence*). {3.3, 3.6.1, 3.7.2, 3.7.5}

B.4.3 Measures to combat desertification can promote soil carbon sequestration (*high confidence*). Natural vegetation restoration and tree planting on degraded land enriches, in the long term, carbon in the topsoil and subsoil (*medium confidence*). Modelled rates of carbon sequestration following the adoption of conservation agriculture practices in drylands depend on local conditions (*medium confidence*). If soil carbon is lost, it may take a prolonged period of time for carbon stocks to recover. {3.1.4, 3.3, 3.6.1, 3.6.3, 3.7.1, 3.7.2}

B.4.4 Eradicating poverty and ensuring food security can benefit from applying measures promoting land degradation neutrality (including avoiding, reducing and reversing land degradation) in rangelands, croplands and forests, which contribute to combating desertification, while mitigating and adapting to climate change within the framework of sustainable development. Such measures include avoiding deforestation and locally suitable practices including management of rangeland and forest fires (*high confidence*). {3.4.2, 3.6.1, 3.6.2, 3.6.3, 4.8.5}

B.4.5 Currently there is a lack of knowledge of adaptation limits and potential maladaptation to combined effects of climate change and desertification. In the absence of new or enhanced adaptation options, the potential for residual risks and maladaptive outcomes is high (*high confidence*). Even when solutions are available, social, economic and institutional constraints could pose barriers to their implementation (*medium confidence*). Some adaptation options can become maladaptive due to their environmental impacts, such as irrigation causing soil salinisation or over extraction leading to ground-water depletion (*medium confidence*). Extreme forms of desertification can lead to the complete loss of land productivity, limiting adaptation options or reaching the limits to adaptation (*high confidence*). {Executive Summary Chapter 3, 3.6.4, 3.7.5, 7.4.9}

B.4.6 Developing, enabling and promoting access to cleaner energy sources and technologies can contribute to adaptation and mitigating climate change and combating desertification and forest degradation through decreasing the use of traditional biomass for energy while increasing the diversity of energy supply (*medium confidence*). This can have socioeconomic and health benefits, especially for women and children (*high confidence*). The efficiency of wind and solar energy infrastructures is recognised; the efficiency can be affected in some regions by dust and sand storms (*high confidence*). {3.5.3, 3.5.4, 4.4.4, 7.5.2, Cross-Chapter Box 12 in Chapter 7}

B.5 지속가능한 산림관리[33]를 포함하는지속가능한 토지관리는[34] 토지 황폐화를 방지할 수 있고, 토지의 생산성을 유지할 수 있으며, 어떤 경우에는 토지 황폐화에 미치는 기후변화의 부정적 영향을 역전시킬 수도 있다(*매우 높은 신뢰도*). 이는 또한 완화와 적응에도 기여할 수 있다(*높은 신뢰도*). 개인 농장에서 전체 유역에 이르는 규모의 토지 황폐화 감소와 역전은 비용 효율적, 즉각적, 장기적인 이익을 지역사회에 제공할 수 있으며, 적응(*매우 높은 신뢰도*)과 완화(*높은 신뢰도*)에 대해 공동 이익을 수반하는 여러 지속가능발전목표(SDG)의 달성을 지원할 수 있다. 지속가능한 토지관리 이행만으로는 일부의 경우 적응 한계가 초과될 수 있다(*중간 신뢰도*). {1.3.2, 4.1.5, 4.8, 7.5.6, 표 4.2}

B.5.1 생태학적, 사회경제적 측면에 중점을 두고 기후변화 적응에 대한 공동 이익을 제공하면서 지속가능한 토지관리를 통해 농업 시스템의 토지 황폐화를 다룰 수 있다. 토양 침식과 영양분 손실에 대한 취약성을 감소시키는 관리 옵션은 녹비 작물과 피복 작물의 재배, 곡물 잔여물의 유지, 경운 감소/무경운, 그리고 방목 관리 개선을 통한 지면 피복 관리를 포함한다(*매우 높은 신뢰도*). {4.8}

B.5.2 다음의 옵션도 완화에 대한 공동 이익을 가진다. 혼농임업, 다년생 초지와 다년생 곡물 등의 영농 시스템은 토지 탄소 생성 시 일어나는 침식과 영양분 유출을 상당히 감소시킬 수 있다(*높은 신뢰도*). 피복 작물의 전 세계적 격리 잠재성은 전 세계 경작지의 25%에 적용 시 약 0.44 ± 0.11 $GtCO_2 yr^{-1}$에 이를 것이다(*높은 신뢰도*). 특정 바이오 숯을 사용하면 탄소를 격리시킬 수 있고(*높은 신뢰도*), 모든 토지 유형과 기후에서 토양 조건을 개선시킬 수 있다(*중간 신뢰도*). {4.8.1.1, 4.8.1.3, 4.9.2, 4.9.5, 5.5.1, 5.5.4; 제5장의 Cross-Chapter 박스6}

B.5.3 산림파괴와 산림 황폐화의 감소는 GHG 배출을 낮추는데(*높은 신뢰도*), 기술적 완화의 잠재성 추정치는 0.4~5.8 $GtCO_2 yr^{-1}$이다. 지역사회에 장기적인 생계 수단을 제공함으로써, 지속가능한 산림 관리는 산림의 비산림 용도 전환의 범위를 감소시킬 수 있다(예: 경작지 또는 정주지) (*높은 신뢰도*). 목재, 섬유, 생체량, 비목재 자원, 기타 생태계 기능과 서비스 제공을 목표로 하는 지속가능한 산림관리는 GHG 배출을 줄일 수 있고 적응에 기여할 수 있다(*높은 신뢰도*). {2.6.1.2, 4.1.5, 4.3.2, 4.5.3, 4.8.1.3, 4.8.3, 4.8.4}

B.5.4 지속가능한 산림관리는 산림의 탄소 저장량을 유지 또는 증가시킬 수 있고, 탄소를 목제품으로 전환시켜 흡수원의 포화 문제를 다루는 등 산림의 탄소 흡수원을 유지시킬 수 있다(*높은 신뢰도*). 목재 탄소가 수확 목제품으로 전환되는 경우, 이 제품은 장기적으로 탄소를 저장할 수 있고 배출 집약적 재료를 대체하여 기타 부문의 배출을 감소시킬 수 있다(*높은 신뢰도*). 가령 완화 정책으로 에너지용 생체량을 사용하는 경우, 탄소는 더욱 급속히 대기 중으로 다시 배출된다(*높은 신뢰도*). (그림 SPM.3) {2.6.1, 2.7, 4.1.5, 4.8.4, 6.4.1, 제6장의 Cross-Chapter 박스7}

B.5.5 토지 황폐화를 방지, 감소 또는 전환하기 위한 조치를 이행해도 기후변화로 인해 토지 황폐화가 발생할 수 있다(*높은 신뢰도*). 그런 적응의 한계는 역동적이고 장소마다 다르며, 생물물리학적 변화와 사회 및 제도적 조건과의 상호작용을 통해 결정된다(*높은 신뢰도*). 일부 상황에서 적응 한계가 초과되면 손실이 증가하거나 강제 이주(*낮은 신뢰도*), 분쟁(*낮은 신뢰도*), 빈곤(*중간 신뢰도*) 등 원하지 않는 변혁적 변화가 초래될 수 있다. 적응 한계를 초과하는 토지 황폐화에 기인한 기후변화의 예를 들면, 토지가 사라지는 경우 해수면 상승으로 악화되는 해안 침식(*높은 신뢰도*), 기반시설과 생계에 영향을 미치는 영구동토 해빙(*중간 신뢰도*), 생산능력 손실을 유발하는 극심한 토양 침식(*중간 신뢰도*)을 들 수 있다. {4.7, 4.8.5, 4.8.6, 4.9.6, 4.9.7, 4.9.8}

B.6 적응과 완화를 진행시키기 위해 식량 손실과 폐기 등 생산에서 소비까지 식량시스템 전반의 대응 옵션을 효율적으로 활용하고 확대시킬 수 있다(*높은 신뢰도*). 곡물과 가축 활동 및 혼농임업에 기인한 총 기술적 완화 잠재성은 2050년까지 2.3~9.6 $GtCO_2eq\ yr^{-1}$로 추정된다(*중간 신뢰도*). 식생활 변화에 의한 총 기술적 완화 잠재성은 2050년까지 0.7~8 $GtCO_2eq\ yr^{-1}$로 추정된다(*중간 신뢰도*). {5.3, 5.5, 5.6}

[33] 본 보고서의 지속가능한 토지관리에 대한 정의는 토지, 물, 동식물 등 토지 자원을 관리하고 이용하여 변화하는 인간의 필요를 만족시키는 동시에, 이 자원의 장기적 생산 잠재성을 확보하고 환경적 기능을 유지시키는 것이다. 옵션의 예로 여러 가지가 있는데, 그 중 특히 농업생태학(혼농임업 포함), 보존 농업·임업 , 작물과 산림 종의 다양성, 적절한 작물과 산림 순환, 유기 농업, 종합적 해충 관리, 수분 보존, 빗물 집수, 방목장과 목초지 관리, 정밀 농업시스템을 들 수 있다.

[34] 본 보고서의 지속가능한 산림 관리에 대한 정의는 산림과 임지를 특정한 방법과 비율로 관리하고 이용하여 그것의 생물다양성, 생산성, 재생 역량, 생활력, 잠재성을 유지함으로써 현재와 미래에 이와 관련된 생태학적, 경제적, 사회적 기능을 지역, 국가, 전 지구적 수준에서 수행하고 기타 생태계에 피해를 야기하지 않는 것을 말한다.

B.5 Sustainable land management,[33] including sustainable forest management,[34] can prevent and reduce land degradation, maintain land productivity, and sometimes reverse the adverse impacts of climate change on land degradation (*very high confidence*). It can also contribute to mitigation and adaptation (*high confidence*). Reducing and reversing land degradation, at scales from individual farms to entire watersheds, can provide cost effective, immediate, and long-term benefits to communities and support several Sustainable Development Goals (SDGs) with co-benefits for adaptation (*very high confidence*) and mitigation (*high confidence*). Even with implementation of sustainable land management, limits to adaptation can be exceeded in some situations (*medium confidence*). {1.3.2, 4.1.5, 4.8, 7.5.6, Table 4.2}

B.5.1 Land degradation in agriculture systems can be addressed through sustainable land management, with an ecological and socioeconomic focus, with co-benefits for climate change adaptation. Management options that reduce vulnerability to soil erosion and nutrient loss include growing green manure crops and cover crops, crop residue retention, reduced/zero tillage, and maintenance of ground cover through improved grazing management (*very high confidence*). {4.8}

B.5.2 The following options also have mitigation co-benefits. Farming systems such as agroforestry, perennial pasture phases and use of perennial grains, can substantially reduce erosion and nutrient leaching while building soil carbon (*high confidence*). The global sequestration potential of cover crops would be about 0.44 ± 0.11 $GtCO_2$ yr^{-1} if applied to 25% of global cropland (*high confidence*). The application of certain biochars can sequester carbon (*high confidence*),and improve soil conditions in some soil types/climates (*medium confidence*). {4.8.1.1, 4.8.1.3, 4.9.2, 4.9.5, 5.5.1, 5.5.4, Cross-Chapter Box 6 in Chapter 5}

B.5.3 Reducing deforestation and forest degradation lowers GHG emissions (*high confidence*), with an estimated technical mitigation potential of 0.4–5.8 $GtCO_2$ yr^{-1}. By providing long-term livelihoods for communities, sustainable forest management can reduce the extent of forest conversion to non-forest uses (e.g., cropland or settlements) (*high confidence*). Sustainable forest management aimed at providing timber, fibre, biomass, non-timber resources and other ecosystem functions and services, can lower GHG emissions and can contribute to adaptation (*high confidence*). {2.6.1.2, 4.1.5, 4.3.2, 4.5.3, 4.8.1.3, 4.8.3, 4.8.4}

B.5.4 Sustainable forest management can maintain or enhance forest carbon stocks, and can maintain forest carbon sinks, including by transferring carbon to wood products, thus addressing the issue of sink saturation (*high confidence*). Where wood carbon is transferred to harvested wood products, these can store carbon over the long-term and can substitute for emissions-intensive materials reducing emissions in other sectors (*high confidence*). Where biomass is used for energy, e.g., as a mitigation strategy, the carbon is released back into the atmosphere more quickly (*high confidence*). (Figure SPM.3) {2.6.1, 2.7, 4.1.5, 4.8.4, 6.4.1, Cross-Chapter Box 7 in Chapter 6}

B.5.5 Climate change can lead to land degradation, even with the implementation of measures intended to avoid, reduce or reverse land degradation (*high confidence*). Such limits to adaptation are dynamic, site-specific and are determined through the interaction of biophysical changes with social and institutional conditions (*very high confidence*). In some situations, exceeding the limits of adaptation can trigger escalating losses or result in undesirable transformational changes (*medium confidence*) such as forced migration (*low confidence*), conflicts (*low confidence*) or poverty (*medium confidence*). Examples of climate change induced land degradation that may exceed limits to adaptation include coastal erosion exacerbated by sea level rise where land disappears (*high confidence*), thawing of permafrost affecting infrastructure and livelihoods (*medium confidence*), and extreme soil erosion causing loss of productive capacity (*medium confidence*). {4.7, 4.8.5, 4.8.6, 4.9.6, 4.9.7, 4.9.8}

B.6 Response options throughout the food system, from production to consumption, including food loss and waste, can be deployed and scaled up to advance adaptation and mitigation (*high confidence*). The total technical mitigation potential from crop and livestock activities, and agroforestry is estimated as 2.3 – 9.6 $GtCO_2eq$ yr^{-1} by 2050 (*medium confidence*). The total technical mitigation potential of dietary changes is estimated as 0.7 – 8 $GtCO_2eq$ yr^{-1} by 2050 (*medium confidence*). {5.3, 5.5, 5.6}

---

[33] Sustainable land management is defined in this report as 'the stewardship and use of land resources, including soils, water, animals and plants, to meet changing human needs, while simultaneously ensuring the long-term productive potential of these resources and the maintenance of their environmental functions'. Examples of options include, inter alia, agroecology (including agroforestry), conservation agriculture and forestry practices, crop and forest species diversity, appropriate crop and forest rotations, organic farming, integrated pest management, the conservation of pollinators, rain water harvesting, range and pasture management, and precision agriculture systems.

[34] Sustainable forest management is defined in this report as 'the stewardship and use of forests and forest lands in a way, and at a rate, that maintains their biodiversity, productivity, regeneration capacity, vitality, and their potential to fulfil now and in the future, relevant ecological, economic and social functions at local, national and global levels and that does not cause damage to other ecosystems'.

B.6.1 경작지가 기후변화 적응과 완화에 기여하는 활동은 토양 유기물 증가, 침식 조절, 비료 관리 개선, 논의 벼 관리 등 작물 관리 개선 및 열과 가뭄의 내성을 위한 품종과 유전적 개량의 활용을 포함한다. 가축의 경우, 옵션은 방목지 관리 개선, 거름 관리 향상, 고품질 사료, 품종과 유전적 개량의 활용을 포함한다. 다양한 영농과 목축 시스템은 축산물의 배출 강도를 감소시킬 수 있다. 영농 및 목축 시스템과 그 개발 수준에 따라, 축산물 배출 강도의 감소는 GHG 배출을 확실히 감소시킬 수도 있다(*중간 신뢰도*). 다수의 가축 관련 옵션은 농촌 지역사회, 특히 소규모 농가와 목축업자의 적응역량을 향상시킬 수 있다. 적응과 완화는 지속가능한 토지관리와 같은 접근법을 통해 상당한 시너지 효과를 발생시킨다(*높은 신뢰도*). {4.8, 5.3.3, 5.5.1, 5.6}

B.6.2 식량시스템의 다각화(예: 통합 생산 시스템 이행, 광범위한 유전적 자원, 식이)를 통해 기후변화의 리스크를 감소시킬 수 있다(*중간 신뢰도*). 사료 곡물, 콩류, 과일, 채소, 견과류, 씨앗 등 식물성 식품으로 이루어진 균형식과 회복력 있고 지속가능하며 GHG 배출이 낮은 시스템을 통해 생산된 동물성 식품은 인간 건강에 있어 공동 이익을 상당히 만들어내는 동시에 적응과 완화에도 중대한 기회를 제공한다(*높은 신뢰도*). 2050년까지 식생활의 변화로 인해 미경작 토지 면적이 수 백만 km^2에 이르고, 온실가스 배출량 전망치와 관련하여 제공될 수 있는 기술적 완화의 잠재성은 0.7~8.0 GtCO2eq yr^{-1}이다(*높은 신뢰도*). 현지 생산 관례, 기술 및 재정적 장벽, 관련 생계 및 문화적 습관이 GHG 배출 저감 식이로의 이행에 영향을 끼칠 수 있다(*높은 신뢰도*). {5.3, 5.5.2, 5.5, 5.6}

B.6.3 식량 손실과 폐기 감소는 GHG 배출을 낮출 수 있고 식량생산에 필요한 토지면적 감소를 통해 적응에도 기여할 수 있다. 2010년~2016년 동안 전 세계 식량 손실과 폐기는 총 인위적 GHG 배출의 8~10%를 차지하였다(*중간 신뢰도*). 현재 총 식량 생산의 25~30%가 손실되거나 폐기된다(*중간 신뢰도*). 수확 기술 개선, 농장 내 저장, 기반시설, 수송, 포장, 소매, 교육 등 기술적 옵션을 통해 공급망 전반에 걸쳐 식량 손실과 폐기를 감소시킬 수 있다. 식량 손실과 폐기의 원인은 지역마다, 그리고 선진국과 개발도상국 간에도 상당한 차이가 있다(*중간 신뢰도*). 2050년경에는 식량 손실과 폐기 감소로 미경작 토지 면적이 수백만 km^2에 이를 수 있다(*낮은 신뢰도*). {5.5.2, 6.3.6}

B.7 미래의 토지 이용은 부분적으로 원하는 기후 결과 및 효율적으로 활용된 대응 옵션 포트폴리오에 달려 있다(*높은 신뢰도*). 온난화를 1.5℃ 또는 2℃ 미만으로 제한하는 모든 평가된 모델 경로는 토지 기반 완화 및 토지이용의 변화를 요구하고, 대부분 재조림, 신규조림, 산림파괴 감소 및 바이오에너지의 다양한 조합을 포함한다(*높은 신뢰도*). 소수의 모델 경로는 토지 전환의 감소와 함께 1.5℃를 달성하며(*높은 신뢰도*), 이에 따라, 사막화, 토지 황폐화, 식량 안보의 영향을 감소시킨다(*중간 신뢰도*). {2.6, 6.4, 7.4, 7.6, 제6장의 Cross-Chapter 박스9}

B.7.1 지구온난화를 1.5℃[35] 로 제한하는 모델 경로는 온난화 수준이 더 높은 경로보다 더 많은 토지 기반 완화를 포함하지만(*높은 신뢰도*), 이 경로에 포함된 토지 시스템에 끼치는 기후변화의 영향은 덜 심각한 편이다(*중간 신뢰도*). (그림 SPM.2, 그림 SPM.4) {2.6, 6.4, 7.4, 제6장의 Cross-Chapter 박스9}

B.7.2 지구온난화를 1.5℃와 2℃로 제한하는 모델 경로에 따르면 2050년 산림 면적은 2010년 대비 2백만 km^2 감소에서 12백만 km^2로 증가될 것으로 전망된다(*중간 신뢰도*). 3℃ 경로는 더 낮은 수준의 산림 면적을 전망하며, 그 범위는 4백만 km^2 감소에서 6백만 km^2 증가에 이를 것이다(*중간 신뢰도*). (그림 SPM.3, 그림 SPM.4) {2.5, 6.3, 7.3, 7.5, 제6장의 Cross-Chapter 박스9}

B.7.3 모델 경로에서 바이오에너지에 필요한 토지 면적은 사회·경제 경로와 온난화 수준, 공급원료와 이용된 생산 체계에 따라 상당한 차이를 보인다(*높은 신뢰도*). 지구 온난화를 1.5℃로 제한하는 모델 경로는 2050년 바이오에너지용으로 최대 7백만 km^2를 사용하고, 2℃ 경로(0.4~5백만 km^2)와 3℃ 경로(0.1~3백만 km^2)의 경우 바이오에너지 토지 면적은 더 감소된다(*중간 신뢰도*). 토지 전환 수준이 높은 경로는 적절하고 신중하게 관리되지 않을 경우 물 부족과 생물다양성, 토지 황폐화, 사막화, 식량 안보에 영향을 미칠 수 있는 부정적 부작용을 수반할 수 있으나, 적절한 규모에서 최상으로 적용하면 건조지의 염분 관리, 생물적 방제와 생물다양성 개선, 토지 탄소 격리 향상 등 공동 이익을 가져올 수 있다(*높은 신뢰도*).(그림 SPM.3) {2.6, 6.1, 6.4, 7.2; 제6장의 Cross-Chapter 박스7}

[35] 본 보고서에서 지구 온난화를 특정 수준으로 제한하는 경로에 대한 참조는 MAGICC 모델을 사용하여 2100년에 해당 온도 수준 미만으로 유지의 66% 확률에 근거한다.

SPM

B.6.1 Practices that contribute to climate change adaptation and mitigation in cropland include increasing soil organic matter, erosion control, improved fertiliser management, improved crop management, for example paddy rice management, and use of varieties and genetic improvements for heat and drought tolerance. For livestock, options include better grazing land management, improved manure management, higher-quality feed, and use of breeds and genetic improvement. Different farming and pastoral systems can achieve reductions in the emissions intensity of livestock products. Depending on the farming and pastoral systems and level of development, reductions in the emissions intensity of livestock products may lead to absolute reductions in GHG emissions (*medium confidence*). Many livestock related options can enhance the adaptive capacity of rural communities, in particular, of smallholders and pastoralists. Significant synergies exist between adaptation and mitigation, for example through sustainable land management approaches (*high confidence*). {4.8, 5.3.3, 5.5.1, 5.6}

B.6.2 Diversification in the food system (e.g., implementation of integrated production systems, broad-based genetic resources, and diets) can reduce risks from climate change (*medium confidence*). Balanced diets, featuring plant-based foods, such as those based on coarse grains, legumes, fruits and vegetables, nuts and seeds, and animal-sourced food produced in resilient, sustainable and low-GHG emission systems, present major opportunities for adaptation and mitigation while generating significant co-benefits in terms of human health (*high confidence*). By 2050, dietary changes could free several million km^2 (*medium confidence*) of land and provide a technical mitigation potential of 0.7 to 8.0 $GtCO_2eq\ yr^{-1}$, relative to business as usual projections (*high confidence*). Transitions towards low-GHG emission diets may be influenced by local production practices, technical and financial barriers and associated livelihoods and cultural habits (*high confidence*). {5.3, 5.5.2, 5.5, 5.6}

B.6.3 Reduction of food loss and waste can lower GHG emissions and contribute to adaptation through reduction in the land area needed for food production (*medium confidence*). During 2010–2016, global food loss and waste contributed 8 –10% of total anthropogenic GHG emissions (*medium confidence*). Currently, 25–30% of total food produced is lost or wasted (*medium confidence*). Technical options such as improved harvesting techniques, on-farm storage, infrastructure, transport, packaging, retail and education can reduce food loss and waste across the supply chain. Causes of food loss and waste differ substantially between developed and developing countries, as well as between regions (*medium confidence*). By 2050, reduced food loss and waste can free several million km^2 of land (*low confidence*). {5.5.2, 6.3.6}

B.7 Future land use depends, in part, on the desired climate outcome and the portfolio of response options deployed (*high confidence*). All assessed modelled pathways that limit warming to 1.5°C or well below 2°C require land-based mitigation and land-use change, with most including different combinations of reforestation, afforestation, reduced deforestation, and bioenergy (*high confidence*). A small number of modelled pathways achieve 1.5°C with reduced land conversion (*high confidence*) and thus reduced consequences for desertification, land degradation, and food security (*medium confidence*). (Figure SPM.4) {2.6, 6.4, 7.4, 7.6, Cross-Chapter Box 9 in Chapter 6}

B.7.1 Modelled pathways limiting global warming to 1.5°C[35] include more land-based mitigation than higher warming level pathways (*high confidence*), but the impacts of climate change on land systems in these pathways are less severe (*medium confidence*). (Figure SPM.2, Figure SPM.4) {2.6, 6.4, 7.4, Cross-Chapter Box 9 in Chapter 6}

B.7.2 Modelled pathways limiting global warming to 1.5°C and 2°C project a 2 million km^2 reduction to a 12 million km^2 increase in forest area in 2050 relative to 2010 (*medium confidence*). 3°C pathways project lower forest areas, ranging from a 4 million km^2 reduction to a 6 million km^2 increase (*medium confidence*). (Figure SPM.3, Figure SPM.4) {2.5, 6.3, 7.3, 7.5, Cross-Chapter Box 9 in Chapter 6}

B.7.3 The land area needed for bioenergy in modelled pathways varies significantly depending on the socio-economic pathway, the warming level, and the feedstock and production system used (*high confidence*). Modelled pathways limiting global warming to 1.5°C use up to 7 million km^2 for bioenergy in 2050; bioenergy land area is smaller in 2°C (0.4 to 5 million km^2) and 3°C pathways (0.1 to 3 million km^2) (*medium confidence*). Pathways with large levels of land conversion may imply adverse side-effects impacting water scarcity, biodiversity, land degradation, desertification, and food security, if not adequately and carefully managed, whereas best practice implementation at appropriate scales can have co-benefits, such as management of dryland salinity, enhanced biocontrol and biodiversity and enhancing soil carbon sequestration (*high confidence*). (Figure SPM.3) {2.6, 6.1, 6.4, 7.2, Cross-Chapter Box 7 in Chapter 6}

---

[35] In this report references to pathways limiting global warming to a particular level are based on a 66% probability of staying below that temperature level in 2100 using the MAGICC model.

B.7.4 대부분의 완화 경로는 바이오에너지 기술의 상당한 효율적 이용을 포함한다. 몇 가지 모델 경로는 온난화를 1.5℃ 로 제한하고 바이오에너지와 BECCS에 대한 의존도 감소(2050년 토지 면적이 1백만 km^2미만) 및 기타 이산화탄소제거(CDR) 옵션을 수반한다(*높은 신뢰도*). 이러한 경로는 기타 1.5℃ 경로와 비교할 때 에너지, 토지, 도시 시스템과 기반시설, 행동 및 생활양식 변화의 신속하고 광범위한 전환에 훨씬 더 의존한다. {2.6.2, 5.5.1, 6.4, 제6장의 Cross-Chapter 박스7}

B.7.5 이러한 모델 경로는 토지에 대한 기후변화의 영향이나 이산화탄소 비옥화의 영향을 고려하지 않는다. 또한, 이러한 경로는 이 보고서에서 평가된 대응 옵션의 한 부분 집합만 포함한다(*높은 신뢰도*); 추가 대응 옵션을 모델에 포함시키면 토지에 대한 수요를 증가시키는 바이오에너지 또는 CDR에 대한 요구 전망을 감소시킬 수 있다. {6.4.4, 제6장의 Cross-Chapter 박스9}

B.7.4 Most mitigation pathways include substantial deployment of bioenergy technologies. A small number of modelled pathways limit warming to 1.5°C with reduced dependence on bioenergy and BECCS (land area below <1 million km^2 in 2050) and other carbon dioxide removal (CDR) options (*high confidence*). These pathways have even more reliance on rapid and far-reaching transitions in energy, land, urban systems and infrastructure, and on behavioural and lifestyle changes compared to other 1.5°C pathways. {2.6.2, 5.5.1, 6.4, Cross-Chapter Box 7 in Chapter 6}

B.7.5 These modelled pathways do not consider the effects of climate change on land or CO_2 fertilisation. In addition, these pathways include only a subset of the response options assessed in this report (*high confidence*); the inclusion of additional response options in models could reduce the projected need for bioenergy or CDR that increases the demand for land. {6.4.4, Cross-Chapter Box 9 in Chapter 6}

완화, 적응, 사막화 및 토지 황폐화 방지, 식량 안보 향상에 대한 대응 옵션의 전 세계 잠재적 기여

패널 A는 토지 수요 감소의 잠재성을 가진 옵션 등 토지 경쟁의 제한 여부에 관계없이 이행될 수 있는 대응 옵션을 보여준다. 공동 이익과 부정적 부작용은 평가된 잠재성의 범위의 정점을 기반으로 정량적으로 제시된다. 기여의 규모는 긍정 또는 부정적 영향의 임계점을 사용하여 범주화된다. 셀 내의 문자는 사용된 임계점과 비교하여 영향 규모에 대한 신뢰도를 나타낸다(범례 참조). 변화의 방향에 대한 신뢰도는 보통 높다.

토지 관리 기반 대응 옵션

		완화	적응	사막화	토지 황폐화	식량안보	비용
농업	식량 생산성 향상	L	M	L	M	H	—
	혼농임업	M	M	M	M	L	●
	경작지 관리 개선	M	L	L	L	L	●●
	가축 관리 개선	M	L	L	L	L	●●●
	농업 다양화	L	L	L	M	L	●
	방목 및 토지관리 개선	M	L	L	L	L	—
	종합적 물 관리	L	L	L	L	L	●●
	산림의 경작지 전환 및 황폐화 감소	L	—	L	L	- L	●
산림	산림 관리	M	L	L	L	L	●●
	산림파괴 및 산림 황폐화 감소	H	L	L	L	L	●●
토양	토양 유기 탄소 함량 증가	H	L	M	M	L	●●
	토양 침식 감소	⟷ L	L	M	M	L	●●
	토양 염류화 감소	—	L	L	L	L	●●
	토양 다짐 감소	—	L	—	L	L	●
기타 생태계	화재 관리	M	M	M	M	L	●
	산사태 및 자연재해 감소	L	L	L	L	L	—
	산성화를 포함한 오염 감소	⟷ M	M	L	L	L	—
	해안 습지의 복원과 습지 전환 감소	M	L	M	M	⟷ L	—
	이탄지의 복원 및 전환 감소	M	—	해당사항 없음	M	-	●

가치 사슬 관리 기반 대응 옵션

		완화	적응	사막화	토지 황폐화	식량안보	비용
수요	수확 후 손실 감소	H	M	L	L	H	—
	식이 변화	H	—	L	H	H	—
	식량 폐기물 감소(소비자 또는 소매업자)	H	—	L	M	M	—
공급	지속가능한 자원 공급	—	L	—	L	L	—
	식량 가공 및 소매 개선	L	L	—	—	L	—
	식량시스템의 에너지 사용 개선	L	L	—	—	L	—

위험 관리 기반 대응 옵션

		완화	적응	사막화	토지 황폐화	식량안보	비용
위험	생계의 다변화	—	L	—	L	L	—
	도시 확산 관리	—	L	L	M	L	—
	리스크 공유 수단	⟷ L	L	—	⟷ L	L	●●

제시된 옵션은 3회 이상 토지 문제에 대한 잠재성을 평가할 수 있는 데이터를 가지고 있다.
규모는 각 옵션에 대해 독립적으로 평가되며 추가되는 것은 없다.

각 통합 대응 옵션의 영향 규모를 정의하는 데 사용된 핵심 기준

		완화 *Gt CO_2-eq yr^{-1}*	적응 *백만 명*	사막화 *백만 km2*	토지 황폐화 *백만 km^2*	식량 안보 *백만 명*
긍정적	대	3 이상	긍정적	긍정적	긍정적	긍정적
	중	0.3~3	1~25	0.5~3	0.5~3	1~100
	소	0. 3 미만	1미만	0.5 미만	0.5미만	1미만
	무시할 수준	영향 없음	영향 없음	영향 없음	영향 없음	영향 없음
부정적	- 소	-0.3 미만	1미만	0.5 미만	0.5미만	1미만
	- 중	-0.3~-3	1~25	0.5~3	0.5~3	1~100
	- 대	-3 초과 시	부정적	부정적	부정적	부정적

⟷ **변수:** 긍정 또는 부정적일 수 있음 — 데이터 없음 해당 없음 적용 불가

신뢰도 수준

규모 범주 추정치에 대한 신뢰도를 나타냄.

H 높은 신뢰도
M 중간 신뢰도
L 낮은 신뢰도

비용 범위

US$ tCO_2e^{-1} 또는 US$ ha^{-1}의 비용 범위에 대해서는 기술 캡션 참고

- ●●● 높은 비용
- ●● 중간 비용
- ● 낮은 비용
- — 자료 없음

Potential global contribution of response options to mitigation, adaptation, combating desertification and land degradation, and enhancing food security

Panel A shows response options that can be implemented without or with limited competition for land, including some that have the potential to reduce the demand for land. Co-benefits and adverse side effects are shown quantitatively based on the high end of the range of potentials assessed. Magnitudes of contributions are categorised using thresholds for positive or negative impacts. Letters within the cells indicate confidence in the magnitude of the impact relative to the thresholds used (see legend). Confidence in the direction of change is generally higher.

	Response options based on land management	Mitigation	Adaptation	Desertification	Land Degradation	Food Security	Cost
Agriculture	Increased food productivity	L	M	L	M	H	—
	Agro-forestry	M	M	M	M	L	●
	Improved cropland management	M	L	L	L	L	●●
	Improved livestock management	M	L	L	L	L	●●●
	Agricultural diversification	L	L	L	M	L	●
	Improved grazing land management	M	L	L	L	L	—
	Integrated water management	L	L	L	L	L	●●
	Reduced grassland conversion to cropland	L	—	L	L	- L	●
Forests	Forest management	M	L	L	L	L	●●
	Reduced deforestation and forest degradation	H	L	L	L	L	●●
Soils	Increased soil organic carbon content	H	L	M	M	L	●●
	Reduced soil erosion	←→ L	L	M	M	L	●●
	Reduced soil salinization	—	L	L	L	L	●●
	Reduced soil compaction	—	L	—	L	L	●
Other ecosystems	Fire management	M	M	M	M	L	●
	Reduced landslides and natural hazards	L	L	L	L	L	—
	Reduced pollution including acidification	←→ M	M	L	L	L	—
	Restoration & reduced conversion of coastal wetlands	M	L	M	M	←→ L	—
	Restoration & reduced conversion of peatlands	M	—	na	M	- L	●
	Response options based on value chain management						
Demand	Reduced post-harvest losses	H	M	L	L	H	—
	Dietary change	H	—	L	H	H	—
	Reduced food waste (consumer or retailer)	H	—	L	M	M	—
Supply	Sustainable sourcing	—	L	—	L	L	—
	Improved food processing and retailing	L	L	—	—	L	—
	Improved energy use in food systems	L	L	—	—	L	—
	Response options based on risk management						
Risk	Livelihood diversification	—	L	—	L	L	—
	Management of urban sprawl	—	L	L	M	L	—
	Risk sharing instruments	←→ L	L	—	←→ L	L	●●

Options shown are those for which data are available to assess global potential for three or more land challenges.
The magnitudes are assessed independently for each option and are not additive.

Key for criteria used to define magnitude of impact of each integrated response option

		Mitigation *Gt CO_2-eq yr^{-1}*	Adaptation *Million people*	Desertification *Million km²*	Land Degradation *Million km²*	Food Security *Million people*
Positive	Large	More than 3	Positive for more than 25	Positive for more than 3	Positive for more than 3	Positive for more than 100
	Moderate	0.3 to 3	1 to 25	0.5 to 3	0.5 to 3	1 to 100
	Small	Less than 0.3	Less than 1	Less than 0.5	Less than 0.5	Less than 1
	Negligible	No effect	No effect	No effect	No effect	No effect
Negative	- Small	Less than -0.3	Less than 1	Less than 0.5	Less than 0.5	Less than 1
	- Moderate	-0.3 to -3	1 to 25	0.5 to 3	0.5 to 3	1 to 100
	- Large	More than -3	Negative for more than 25	Negative for more than 3	Negative for more than 3	Negative for more than 100

←→ **Variable:** Can be positive or negative — no data na not applicable

Confidence level

Indicates confidence in the estimate of magnitude category.

H High confidence
M Medium confidence
L Low confidence

Cost range

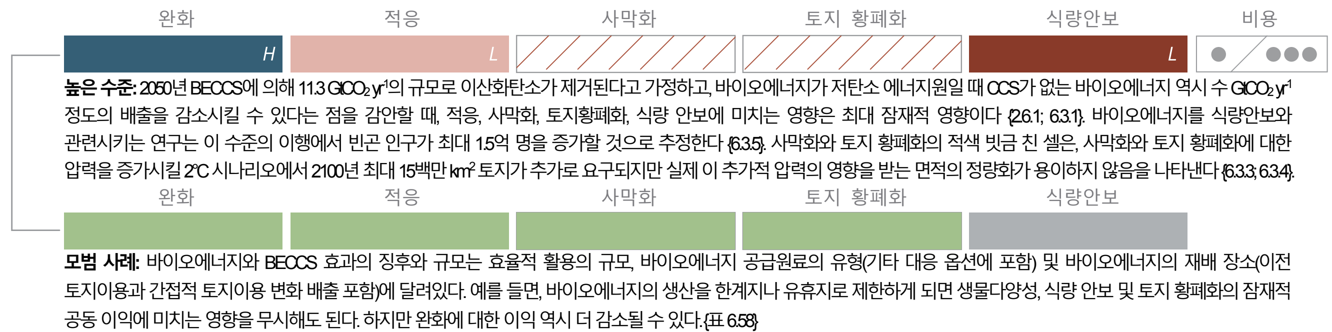
See technical caption for cost ranges in US\$ tCO_2e^{-1} or US\$ ha^{-1}.

●●● High cost
●● Medium cost
● Low cost
— no data

완화, 적응, 사막화 및 토지 황폐화 방지, 식량안보 향상에 대한 대응 옵션의 전 세계 잠재적 기여

패널 B는 추가 토지이용 변화에 의존하는 대응 옵션이 각기 다른 이행 맥락에서 세 가지 이상의 도전이 가지는 시사점을 보여준다. 각 옵션에 대해, 첫째 줄(높은 수준 이행)은 패널 A에서 제시한 규모의 임계점을 사용하여 3 $GtCO_2$ yr^{-1} 이상의 이산화탄소를 제거하는 규모를 가진 전 지구적 이행의 영향에 대한 정량적 평가(패널 A처럼)이다. 적색의 빗금 친 셀은 압력의 증가 및 정량화되지 않은 충격을 나타낸다. 각 옵션에 대해, 둘째 줄(모범 사례 이행)은 효율적이고 지속가능한 자원의 이용을 가능하게 하는 적절하게 관리된 경관 시스템을 모범 사례로 이행하고 적절한 시스템 메커니즘을 통해 지원을 받을 때 영향의 정량적 추정치를 보여준다. 이 정량적 평가에서 녹색은 긍정적인 영향, 회색은 중립적 상호작용을 나타낸다.

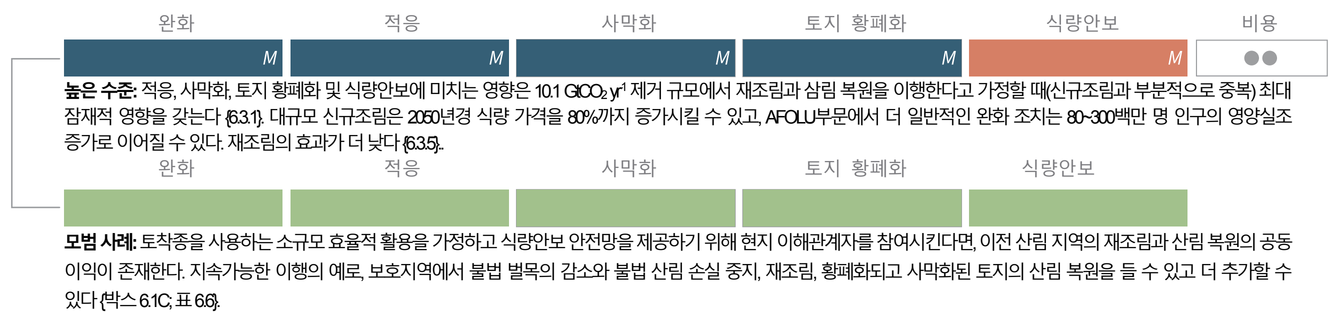
바이오에너지와 BECCS



높은 수준: 2050년 BECCS에 의해 11.3 $GtCO_2$ yr^{-1}의 규모로 이산화탄소가 제거된다고 가정하고, 바이오에너지가 저탄소 에너지원일 때 CCS가 없는 바이오에너지 역시 수 $GtCO_2$ yr^{-1} 정도의 배출을 감소시킬 수 있다는 점을 감안할 때, 적응, 사막화, 토지황폐화, 식량 안보에 미치는 영향은 최대 잠재적 영향이다 {2.6.1; 6.3.1}. 바이오에너지를 식량안보와 관련시키는 연구는 이 수준의 이행에서 빈곤 인구가 최대 1.5억 명을 증가할 것으로 추정한다 {6.3.5}. 사막화와 토지 황폐화의 적색 빗금 친 셀은, 사막화와 토지 황폐화에 대한 압력을 증가시킬 2°C 시나리오에서 2100년 최대 15백만 km² 토지가 추가로 요구되지만 실제 이 추가적 압력의 영향을 받는 면적의 정량화가 용이하지 않음을 나타낸다 {6.3.3; 6.3.4}.

모범 사례: 바이오에너지와 BECCS 효과의 징후와 규모는 효율적 활용의 규모, 바이오에너지 공급원료의 유형(기타 대응 옵션에 포함) 및 바이오에너지의 재배 장소(이전 토지이용과 간접적 토지이용 변화 배출 포함)에 달려있다. 예를 들면, 바이오에너지의 생산을 한계지나 유휴지로 제한하게 되면 생물다양성, 식량 안보 및 토지 황폐화의 잠재적 공동 이익에 미치는 영향을 무시해도 된다. 하지만 완화에 대한 이익 역시 더 감소될 수 있다.{표 6.58}

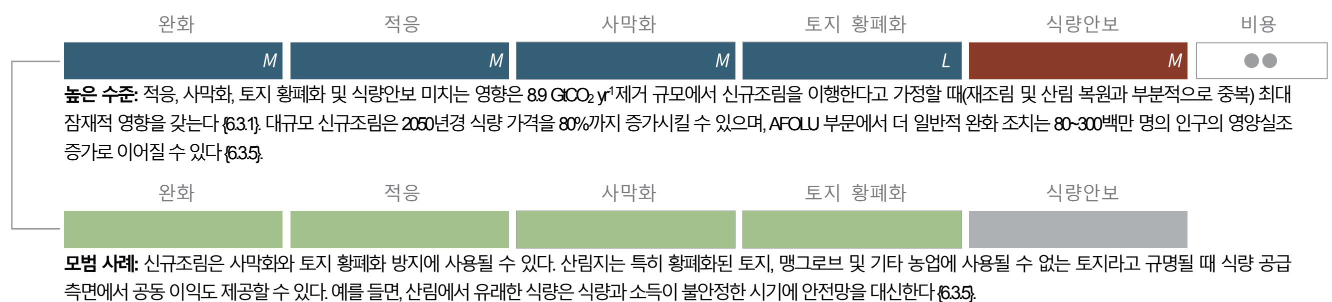
재조림과 산림 복원



높은 수준: 적응, 사막화, 토지 황폐화 및 식량안보에 미치는 영향은 10.1 $GtCO_2$ yr^{-1} 제거 규모에서 재조림과 삼림 복원을 이행한다고 가정할 때(신규조림과 부분적으로 중복) 최대 잠재적 영향을 갖는다 {6.3.1}. 대규모 신규조림은 2050년경 식량 가격을 80%까지 증가시킬 수 있고, AFOLU부문에서 더 일반적인 완화 조치는 80~300백만 명 인구의 영양실조 증가로 이어질 수 있다. 재조림의 효과가 더 낮다 {6.3.5}..

모범 사례: 토착종을 사용하는 소규모 효율적 활용을 가정하고 식량안보 안전망을 제공하기 위해 현지 이해관계자를 참여시킨다면, 이전 산림 지역의 재조림과 산림 복원의 공동 이익이 존재한다. 지속가능한 이행의 예로, 보호지역에서 불법 벌목의 감소와 불법 산림 손실 중지, 재조림, 황폐화되고 사막화된 토지의 산림 복원을 들 수 있고 더 추가할 수 있다 {박스 6.1C; 표 6.6}.

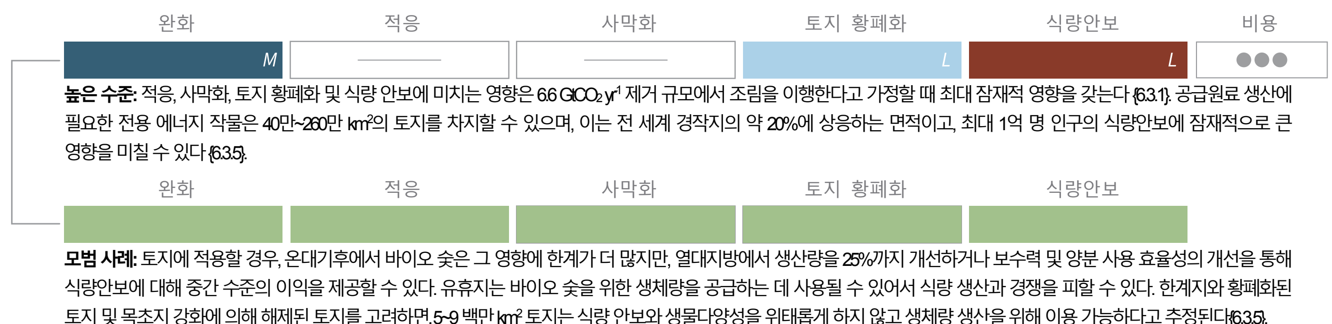
신규조림



높은 수준: 적응, 사막화, 토지 황폐화 및 식량안보 미치는 영향은 8.9 $GtCO_2$ yr^{-1}제거 규모에서 신규조림을 이행한다고 가정할 때(재조림 및 산림 복원과 부분적으로 중복) 최대 잠재적 영향을 갖는다 {6.3.1}. 대규모 신규조림은 2050년경 식량 가격을 80%까지 증가시킬 수 있으며, AFOLU 부문에서 더 일반적 완화 조치는 80~300백만 명의 인구의 영양실조 증가로 이어질 수 있다 {6.3.5}.

모범 사례: 신규조림은 사막화와 토지 황폐화 방지에 사용될 수 있다. 산림지는 특히 황폐화된 토지, 맹그로브 및 기타 농업에 사용될 수 없는 토지라고 규명될 때 식량 공급 측면에서 공동 이익도 제공할 수 있다. 예를 들면, 산림에서 유래한 식량은 식량과 소득이 불안정한 시기에 안전망을 대신한다 {6.3.5}.

토양에 바이오 숯 추가



높은 수준: 적응, 사막화, 토지 황폐화 및 식량 안보에 미치는 영향은 6.6 $GtCO_2$ yr^{-1} 제거 규모에서 조림을 이행한다고 가정할 때 최대 잠재적 영향을 갖는다 {6.3.1}. 공급원료 생산에 필요한 전용 에너지 작물은 40만~260만 km²의 토지를 차지할 수 있으며, 이는 전 세계 경작지의 약 20%에 상응하는 면적이고, 최대 1억 명 인구의 식량안보에 잠재적으로 큰 영향을 미칠 수 있다 {6.3.5}.

모범 사례: 토지에 적용할 경우, 온대기후에서 바이오 숯은 그 영향에 한계가 더 많지만, 열대지방에서 생산량을 25%까지 개선하거나 보수력 및 양분 사용 효율성의 개선을 통해 식량안보에 대해 중간 수준의 이익을 제공할 수 있다. 유휴지는 바이오 숯을 위한 생체량을 공급하는 데 사용될 수 있어서 식량 생산과 경쟁을 피할 수 있다. 한계지와 황폐화된 토지 및 목초지 강화에 의해 해제된 토지를 고려하면,5~9 백만 km² 토지는 식량 안보와 생물다양성을 위태롭게 하지 않고 생체량 생산을 위해 이용 가능하다고 추정된다{6.3.5}.

Potential global contribution of response options to mitigation, adaptation, combating desertification and land degradation, and enhancing food security

Panel B shows response options that rely on additional land-use change and could have implications across three or more land challenges under different implementation contexts. For each option, the first row (high level implementation) shows a quantitative assessment (as in Panel A) of implications for global implementation at scales delivering CO_2 removals of more than 3 $GtCO_2$ yr^{-1} using the magnitude thresholds shown in Panel A. The red hatched cells indicate an increasing pressure but unquantified impact. For each option, the second row (best practice implementation) shows qualitative estimates of impact if implemented using best practices in appropriately managed landscape systems that allow for efficient and sustainable resource use and supported by appropriate governance mechanisms. In these qualitative assessments, green indicates a positive impact, grey indicates a neutral interaction.

Bioenergy and BECCS

Mitigation	Adaptation	Desertification	Land degradation	Food security	Cost
H	L			L	● / ●●●

High level: Impacts on adaptation, desertification, land degradation and food security are maximum potential impacts, assuming carbon dioxide removal by BECCS at a scale of 11.3 $GtCO_2$ yr^{-1} in 2050, and noting that bioenergy without CCS can also achieve emissions reductions of up to several $GtCO_2$ yr^{-1} when it is a low carbon energy source {2.6.1; 6.3.1}. Studies linking bioenergy to food security estimate an increase in the population at risk of hunger to up to 150 million people at this level of implementation {6.3.5}. The red hatched cells for desertification and land degradation indicate that while up to 15 million km² of additional land is required in 2100 in 2°C scenarios which will increase pressure for desertification and land degradation, the actual area affected by this additional pressure is not easily quantified {6.3.3; 6.3.4}.

Mitigation	Adaptation	Desertification	Land degradation	Food security

Best practice: The sign and magnitude of the effects of bioenergy and BECCS depends on the scale of deployment, the type of bioenergy feedstock, which other response options are included, and where bioenergy is grown (including prior land use and indirect land use change emissions). For example, limiting bioenergy production to marginal lands or abandoned cropland would have negligible effects on biodiversity, food security, and potentially co-benefits for land degradation; however, the benefits for mitigation could also be smaller. {Table 6.58}

Reforestation and forest restoration

Mitigation	Adaptation	Desertification	Land degradation	Food security	Cost
M	M	M	M	M	●●

High level: Impacts on adaptation, desertification, land degradation and food security are maximum potential impacts assuming implementation of reforestation and forest restoration (partly overlapping with afforestation) at a scale of 10.1 $GtCO_2$ yr^{-1} removal {6.3.1}. Large-scale afforestation could cause increases in food prices of 80% by 2050, and more general mitigation measures in the AFOLU sector can translate into a rise in undernourishment of 80–300 million people; the impact of reforestation is lower {6.3.5}.

Mitigation	Adaptation	Desertification	Land degradation	Food security

Best practice: There are co-benefits of reforestation and forest restoration in previously forested areas, assuming small scale deployment using native species and involving local stakeholders to provide a safety net for food security. Examples of sustainable implementation include, but are not limited to, reducing illegal logging and halting illegal forest loss in protected areas, reforesting and restoring forests in degraded and desertified lands {Box 6.1C; Table 6.6}.

Afforestation

Mitigation	Adaptation	Desertification	Land degradation	Food security	Cost
M	M	M	L	M	●●

High level: Impacts on adaptation, desertification, land degradation and food security are maximum potential impacts assuming implementation of afforestation (partly overlapping with reforestation and forest restoration) at a scale of 8.9 $GtCO_2$ yr^{-1} removal {6.3.1}. Large-scale afforestation could cause increases in food prices of 80% by 2050, and more general mitigation measures in the AFOLU sector can translate into a rise in undernourishment of 80–300 million people {6.3.5}.

Mitigation	Adaptation	Desertification	Land degradation	Food security

Best practice: Afforestation is used to prevent desertification and to tackle land degradation. Forested land also offers benefits in terms of food supply, especially when forest is established on degraded land, mangroves, and other land that cannot be used for agriculture. For example, food from forests represents a safety-net during times of food and income insecurity {6.3.5}.

Biochar addition to soil

Mitigation	Adaptation	Desertification	Land degradation	Food security	Cost
M	—	—	L	L	●●●

High level: Impacts on adaptation, desertification, land degradation and food security are maximum potential impacts assuming implementation of biochar at a scale of 6.6 $GtCO_2$ yr^{-1} removal {6.3.1}. Dedicated biomass crops required for feedstock production could occupy 0.4–2.6 Mkm² of land, equivalent to around 20% of the global cropland area, which could potentially have a large effect on food security for up to 100 million people {6.3.5}.

Mitigation	Adaptation	Desertification	Land degradation	Food security

Best practice: When applied to land, biochar could provide moderate benefits for food security by improving yields by 25% in the tropics, but with more limited impacts in temperate regions, or through improved water holding capacity and nutrient use efficiency. Abandoned cropland could be used to supply biomass for biochar, thus avoiding competition with food production; 5–9 Mkm² of land is estimated to be available for biomass production without compromising food security and biodiversity, considering marginal and degraded land and land released by pasture intensification {6.3.5}.

그림 SPM.3 | 완화, 적응, 사막화 및 토지 황폐화 방지, 식량안보 향상에 대한 대응 옵션의 전 세계 잠재적 기여
이 그림은 대응 옵션 이행 방법과 대응 옵션이 발생하는 맥락에 대한 광범위한 가정과 함께 다수의 연구에서 획득한 정보 집계에 근거한다. 지역에서 전지구 규모까지 다양하게 이행된 대응 옵션은 서로 다른 결과를 가져올 수 있다. **잠재성의 규모:** 패널 A의 경우, 규모는 전지구적 대응 옵션의 기술적 잠재성에 대한 것이다. 각 토지에 대한 도전 규모는 다음의 표지(marker) 수준과 비교하여 설정된다. 완화의 경우, 잠재성은 최대 개별 영향을 지닌 대응 옵션에 대한 근사 잠재성과 비교하여 설정된다(~3 $GtCO_2$-eq yr^{-1}). "큰" 규모 범주의 임계점은 이 수준에서 정해진다. 적응의 경우, 규모는 2010년과 2030년 동안 기후변화와 탄소 기반 경제에 의해 영향을 받을 것으로 추정되는 1억 명과 비교하여 정해진다. "큰" 규모 범주의 임계점은 이 총계의 25%를 나타낸다. 사막화와 토지 황폐화의 경우, 규모는 황폐화된 토지의 현재 추정치의 하단과 비교하여 10~60백만 km^2로 정해진다. "큰" 규모 범주의 임계점은 하단 추정치의 30%를 나타낸다. 식량 안보의 경우, 규모는 현재 영양실조 상태에 있는 약 8억 명과 비교하여 정해진다. "큰" 규모 범주의 임계점은 이 총계의 12.5%를 나타낸다. 패널 B의 경우, 각 대응 옵션의 첫째 줄(높은 수준 이행)에서 보면, 임계점 규모는 패널 A의 정의와 같다. 각 대응 옵션의 둘째 줄(모범 사례 이행)에서 보면, 녹색으로 표시된 정성 평가는 잠재적 긍정적 영향을 나타내며, 회색은 중립적 상호작용을 나타낸다. 식량 생산 증가는 농업용 화학물질 등 부절절한 외부 투입물의 적용 보다는 지속가능한 강화를 통해 성취 가능하다고 추정된다. **신뢰도 수준:** 각 옵션에 대해 완화, 적응, 사막화와 토지 황폐화 방지, 식량 안보 향상에 대해 각 옵션에 해당하는 규모 범주(높음, 중간, 낮음)에 대한 신뢰도. *높은 신뢰도*는 높음, 중간, 낮음의 규모의 범주화를 뒷받침하는 고수준의 합의 및 문헌 증거가 있음을 의미한다. *낮은 신뢰도*는 규모의 범주화를 뒷받침하는 연구가 거의 부재함을 말한다. *중간 신뢰도*는 대응 규모에 대한 증거와 합의가 중간 정도임을 나타낸다. **비용 범위:** 비용 추정치는 지역적 연구 집계에 기초하며 포함된 비용 구성요소가 다르다. 패널 B는 모범 사례 이행에 대한 비용 추정치를 제공하지 않는다. 동전 하나는 낮은 비용(<USD10 tCO_2-eq^{-1} 또는 <USD20 ha^{-1}), 동전 두 개는 중간 비용(USD10-USD100 tCO_2-eq^{-1} 또는 USD20-USD200 ha^{-1}), 동전 세 개는 높은 비용(>USD100 tCO_2-eq^{-1} 또는 USD200 ha^{-1})을 나타낸다. USD ha^{-1}에서 임계점은 비교 가능하도록 선택되지만, 정확한 전환은 대응 옵션에 따라 달라진다. **입증 자료:** 토지관리 기반 대응 옵션에 대한 정량적 잠재성 규모를 뒷받침하는 증거 자료는 다음과 같다: 완화의 경우, 표 6.13에서 표 6.20, 제2.7.1절의 보충 자료. 적응의 경우, 표 6.21에서 6.28. 사막화 방지는 표 6.29에서 표 6.36, 제3장의 보충 자료. 황폐화 방지는 표 6.37에서 표 6.44, 제4장의 보충 자료. 식량 안보 강화는 표 6.45에서 표 6.52 및 제5장의 보충 자료. 여기에 제시되지 않은 기타 시너지 효과와 상충은 제6장에서 논의된다. 패널B에 있는 각 옵션의 둘째 줄의 정량 평가에 대한 추가 입증 자료는 표 6.6, 표 6.55, 표 6.56, 표 6.58 및 제 6.3.5.1.3절 및 박스 6.1c을 참조한다.

Figure SPM.3 | Potential global contribution of response options to mitigation, adaptation, combating desertification and land degradation, and enhancing food security. This Figure is based on an aggregation of information from studies with a wide variety of assumptions about how response options are implemented and the contexts in which they occur. Response options implemented differently at local to global scales could lead to different outcomes. **Magnitude of potential:** For panel A, magnitudes are for the technical potential of response options globally. For each land challenge, magnitudes are set relative to a marker level as follows. For mitigation, potentials are set relative to the approximate potentials for the response options with the largest individual impacts (~3 $GtCO_2$-eq yr^{-1}). The threshold for the 'large' magnitude category is set at this level. For adaptation, magnitudes are set relative to the 100 million lives estimated to be affected by climate change and a carbon-based economy between 2010 and 2030. The threshold for the 'large' magnitude category represents 25% of this total. For desertification and land degradation, magnitudes are set relative to the lower end of current estimates of degraded land, 10–60 million km^2. The threshold for the 'large' magnitude category represents 30% of the lower estimate. For food security, magnitudes are set relative to the approximately 800 million people who are currently undernourished. The threshold for the 'large' magnitude category represents 12.5% of this total. For panel B, for the first row (high level implementation) for each response option, the magnitude and thresholds are as defined for panel A. In the second row (best practice implementation) for each response option, the qualitative assessments that are green denote potential positive impacts, and those shown in grey indicate neutral interactions. Increased food production is assumed to be achieved through sustainable intensification rather than through injudicious application of additional external inputs such as agrochemicals. **Levels of confidence:** Confidence in the magnitude category (high, medium or low) into which each option falls for mitigation, adaptation, combating desertification and land degradation, and enhancing food security. *High confidence* means that there is a high level of agreement and evidence in the literature to support the categorisation as high, medium or low magnitude. *Low confidence* denotes that the categorisation of magnitude is based on few studies. *Medium confidence* reflects medium evidence and agreement in the magnitude of response. **Cost ranges:** Cost estimates are based on aggregation of often regional studies and vary in the components of costs that are included. In panel B, cost estimates are not provided for best practice implementation. One coin indicates low cost (<USD10 tCO_2-eq^{-1} or <USD20 ha^{-1}), two coins indicate medium cost (USD10–USD100 tCO_2-eq^{-1} or USD20–USD200 ha^{-1}), and three coins indicate high cost (>USD100 tCO_2-eq^{-1} or USD200 ha^{-1}). Thresholds in USD ha^{-1} are chosen to be comparable, but precise conversions will depend on the response option. **Supporting evidence:** Supporting evidence for the magnitude of the quantitative potential for land management-based response options can be found as follows: for mitigation Table's 6.13 to 6.20, with further evidence in Section 2.7.1; for adaptation Table's 6.21 to 6.28; for combating desertification Table's 6.29 to 6.36, with further evidence in Chapter 3; for combating degradation tables 6.37 to 6.44, with further evidence in Chapter 4; for enhancing food security Table's 6.45 to 6.52, with further evidence in Chapter 5. Other synergies and trade-offs not shown here are discussed in Chapter 6. Additional supporting evidence for the qualitative assessments in the second row for each option in panel B can be found in the Table's 6.6, 6.55, 6.56 and 6.58, Section 6.3.5.1.3, and Box 6.1c.

SPM

C. 대응 옵션의 활성화

C.1 모든 규모에서 정책, 제도 및 거버넌스 시스템을 적절히 설계하면 토지와 관련된 적응과 완화에 기여할 수 있고, 동시에 기후변화 적응 개발 경로의 추구를 용이하게 할 수 있다(*높은 신뢰도*). 상호보완적 기후 및 토지 정책은 자원을 절약하고, 사회적 회복력을 증폭시키며, 생태학적 회복을 지지하고, 다양한 이해 당사자의 참여와 협력을 도모할 수 있는 잠재성을 가지고 있다(*높은 신뢰도*). (그림 SPM.1, 그림 SPM.2, 그림 SPM.3) {3.6.2, 3.6.3, 4.8, 4.9.4, 5.7, 6.3, 6.4, 7.2.2, 7.3, 7.4, 7.4.7, 7.4.8, 7.5, 7.5.5, 7.5.6, 7.6.6, 제7장의 Cross-Chapter 박스10}

C.1.1 토지이용 구역 설정, 공간 계획, 통합 경관 계획, 규제, 인센티브(생태계 서비스 지불제 등) 및 자발적 혹은 설득력 있는 수단(환경적 농장 계획, 지속가능 생산을 위한 표준과 인증, 과학적 현지 토착 지식의 이용, 집단 행동)은 긍정적 적응과 완화 성과를 이룰 수 있다(*중간 신뢰도*). 이러한 것은 수익에 대한 기여뿐만 아니라 황폐화된 토지를 복원시키고 어떤 맥락에서는 기후변화에 적응하고 이를 완화시키는 인센티브도 제공할 수 있다(*중간 신뢰도*). 토지 황폐화 중립 목표를 촉진하는 정책은 식량 안보, 인류 복지, 그리고 기후변화에 대한 적응과 완화도 지원할 수 있다(*높은 신뢰도*). (그림 SPM.2) {3.4.2, 4.1.6, 4.7, 4.8.5, 5.1.2, 5.7.3, 7.3, 7.4.6, 7.4.7, 7.5}

C.1.2 불안정한 토지보유권은 인간, 지역사회와 기관의 토지를 변경하여 적응과 완화를 진행시키는 능력에 영향을 끼칠 수 있다(*중간 신뢰도*). 토지와 토지소유권으로의 관례적 접근에 대한 제한된 인식은 취약성 증가와 적응역량 감소를 가져올 수 있다(*중간 신뢰도*). 토지정책(관례적 보유권, 지역사회 매핑, 재분배, 분권화, 공동관리, 임대시장 규제에 대한 인식 포함)은 기후변화에 대해 보안과 융통성 대응 모두 제공할 수 있다(*중간 신뢰도*). {3.6.1, 3.6.2, 5.3, 7.2.4, 7.6.4, 제5장의 Cross-Chapter 박스6}

C.1.3 토지 황폐화 중립을 달성한다는 것은 향후 지속가능한 토지관리를 채택하여 토지 황폐화를 방지하고 감소시키는 조치와 황폐화된 토지를 복구하고 복원하여 황폐화를 역전시키는 조치 간의 균형을 유지하는 것이다. 토지 황폐화 중립을 성취하기 위한 다수의 중재는 공통적으로 기후변화 적응과 완화의 이익도 가져온다. 토지 황폐화 중립의 추구는 토지 황폐화와 기후변화를 동시에 다룰 수 있는 추진력을 제공한다(*높은 신뢰도*). {4.5.3, 4.8.5, 4.8.7, 7.4.5}

C.1.4 난관의 다양함과 난관을 해결하는데 포함되는 요인의 다양함 때문에, 단일 정책 접근법 보다 다수의 정책 조합이 지속가능한 토지관리와 기후변화의 복잡한 난관을 다루는 데 더 개선된 결과를 가져올 수 있다(*높은 신뢰도*). 정책조합은 기후변화에 대한 인간계와 자연계의 취약성과 노출을 상당히 감소시킬 수 있다(*높은 신뢰도*). 이 정책조합 요소는 날씨와 건강 보험, 사회 보호와 적응형 안전망, 조건부 금융과 예비자금, 그리고 효과적 비상 계획과 결합된 보편적 조기 경보 시스템에 대한 접근을 포함할 수 있다(*높은 신뢰도*). (그림 SPM.4) {1.2, 4.8, 4.9.2, 5.3.2, 5.6, 5.6.6, 5.7.2, 7.3.2, 7.4, 7.4.2, 7.4.6, 7.4.7, 7.4.8, 7.5.5, 7.5.6, 7.6.4, 7.6.4}

C.2 식량 손실과 폐기물 감소 및 식이 선택에 대한 영향 등 식량시스템 전반에 작용하는 정책은 더 지속가능한 토지이용 관리, 향상된 식량 안보, 낮은 배출 궤도를 가능하게 한다(*높은 신뢰도*). 이러한 정책은 기후변화 적응과 완화에 기여하고, 토지 황폐화, 사막화와 빈곤을 감소할 뿐만 아니라 공중 보건을 개선시킬 수 있다(*높은 신뢰도*). 시장에 대한 접근 향상, 토지보유권 확보, 환경비용을 식량에 감안(factoring), 생태계 서비스 비용 지불, 현지와 지역사회의 집단 행동을 향상시키면 지속가능한 토지관리와 빈곤 퇴치에 대한 채택이 활성화될 수 있다(*높은 신뢰도*). {1.1.2, 1.2.1, 3.6.3, 4.7.1, 4.7.2, 4.8, 5.5, 6.4, 7.4.6, 7.6.5}

C.2.1 기후변화 적응과 완화를 위한 지속가능한 토지관리를 활성화하고 장려하는 정책은 투입, 산출과 금융 서비스를 위한 시장 접근 개선, 여성과 토착민의 역량 강화, 현지와 지역사회의 집단 행동 개선, 보조금 개혁, 무역 활성화 시스템 증진을 포함할 수 있다(*높은 신뢰도*). 정책을 통해 천연자원의 현지 관리를 지원하고 동시에 국제적 수준까지지도 포함하여 행위자와 기관 간의 협력을 강화할 때 토지의 복원과 복구를 위한 노력은 더욱 효과적일 수 있다. {3.6.3, 4.1.6, 4.5.4, 4.8.2, 4.8.4, 5.7, 7.2, 7.3}

C. Enabling response options

C.1 Appropriate design of policies, institutions and governance systems at all scales can contribute to land-related adaptation and mitigation while facilitating the pursuit of climate-adaptive development pathways (*high confidence*). Mutually supportive climate and land policies have the potential to save resources, amplify social resilience, support ecological restoration, and foster engagement and collaboration between multiple stakeholders (*high confidence*). (Figure SPM.1, Figure SPM.2, Figure SPM.3) {3.6.2, 3.6.3, 4.8, 4.9.4, 5.7, 6.3, 6.4, 7.2.2, 7.3, 7.4, 7.4.7, 7.4.8, 7.5, 7.5.5, 7.5.6, 7.6.6, Cross-Chapter Box 10 in Chapter 7}

C.1.1 Land-use zoning, spatial planning, integrated landscape planning, regulations, incentives (such as payment for ecosystem services), and voluntary or persuasive instruments (such as environmental farm planning, standards and certification for sustainable production, use of scientific, local and indigenous knowledge and collective action), can achieve positive adaptation and mitigation outcomes (*medium confidence*). They can also contribute revenue and provide incentive to rehabilitate degraded lands and adapt to and mitigate climate change in certain contexts (*medium confidence*). Policies promoting the target of land degradation neutrality can also support food security, human wellbeing and climate change adaptation and mitigation (*high confidence*). (Figure SPM.2) {3.4.2, 4.1.6, 4.7, 4.8.5, 5.1.2, 5.7.3, 7.3, 7.4.6, 7.4.7, 7.5}

C.1.2 Insecure land tenure affects the ability of people, communities and organisations to make changes to land that can advance adaptation and mitigation (*medium confidence*). Limited recognition of customary access to land and ownership of land can result in increased vulnerability and decreased adaptive capacity (*medium confidence*). Land policies (including recognition of customary tenure, community mapping, redistribution, decentralisation, co-management, regulation of rental markets) can provide both security and flexibility response to climate change (*medium confidence*). {3.6.1, 3.6.2, 5.3, 7.2.4, 7.6.4, Cross-Chapter Box 6 in Chapter 5}

C.1.3 Achieving land degradation neutrality will involve a balance of measures that avoid and reduce land degradation, through adoption of sustainable land management, and measures to reverse degradation through rehabilitation and restoration of degraded land. Many interventions to achieve land degradation neutrality commonly also deliver climate change adaptation and mitigation benefits. The pursuit of land degradation neutrality provides impetus to address land degradation and climate change simultaneously (*high confidence*). {4.5.3, 4.8.5, 4.8.7, 7.4.5}

C.1.4 Due to the complexity of challenges and the diversity of actors involved in addressing land challenges, a mix of policies, rather than single policy approaches, can deliver improved results in addressing the complex challenges of sustainable land management and climate change (*high confidence*). Policy mixes can strongly reduce the vulnerability and exposure of human and natural systems to climate change (*high confidence*). Elements of such policy mixes may include weather and health insurance, social protection and adaptive safety nets, contingent finance and reserve funds, universal access to early warning systems combined with effective contingency plans (*high confidence*). (Figure SPM.4} {1.2, 4.8, 4.9.2, 5.3.2, 5.6, 5.6.6, 5.7.2, 7.3.2, 7.4, 7.4.2, 7.4.6, 7.4.7, 7.4.8, 7.5.5, 7.5.6, 7.6.4}

C.2 Policies that operate across the food system, including those that reduce food loss and waste and influence dietary choices, enable more sustainable land-use management, enhanced food security and low emissions trajectories (*high confidence*). Such policies can contribute to climate change adaptation and mitigation, reduce land degradation, desertification and poverty as well as improve public health (*high confidence*). The adoption of sustainable land management and poverty eradication can be enabled by improving access to markets, securing land tenure, factoring environmental costs into food, making payments for ecosystem services, and enhancing local and community collective action (*high confidence*). {1.1.2, 1.2.1, 3.6.3, 4.7.1, 4.7.2, 4.8, 5.5, 6.4, 7.4.6, 7.6.5}

C.2.1 Policies that enable and incentivise sustainable land management for climate change adaptation and mitigation include improved access to markets for inputs, outputs and financial services, empowering women and indigenous peoples, enhancing local and community collective action, reforming subsidies and promoting an enabling trade system (*high confidence*). Land restoration and rehabilitation efforts can be more effective when policies support local management of natural resources, while strengthening cooperation between actors and institutions, including at the international level. {3.6.3, 4.1.6, 4.5.4, 4.8.2, 4.8.4, 5.7, 7.2, 7.3}

C.2.2 토지를 황폐화하는 농업 관행의 환경비용을 반영하면 더 지속가능한 토지관리를 장려할 수 있다(*높은 신뢰도*). 환경비용 및 식량에 내재된 비용을 추산하는 기술적 어려움으로 인래 환경비용을 반영하는 데 한계가 따른다. {3.6.3, 5.5.1, 5.5.2, 5.6.6, 5.7, 7.4.4, 제7장의 Cross-Chapter 박스10}

C.2.3 식량시스템에 영향을 미치는 극한 현상에 대한 적응과 회복력 강화는 리스크 공유 및 리스크 이전 메커니즘 등 리스크 통합 관리를 통해 용이해질 수 있다(*높은 신뢰도*). 농업의 다양화, 시장 접근의 확대, 공급망 교란 증가에 대한 준비를 통해 식량시스템에서 적응의 증대를 지원할 수 있다(*높은 신뢰도*). {5.3.2, 5.3.3, 5.3.5}

C.2.4 공공 조달, 건강 보험, 금융 장려금, 인식 제고 캠페인에서 식량원의 다양성 증가 등 영양 개선에 대한 공중 보건 정책은 잠재적으로 식량 수요에 영향을 미치고 의료 비용을 감소시키며 GHG 배출 감소에 기여하고 적응력을 향상시킬 수 있다(*높은 신뢰도*). 공중 보건 지침에 근거한 식이를 촉진시켜 식량 수요에 영향을 미치게 되면 더욱 지속가능한 토지관리를 활성화시킬 수 있고 다수의 SDG 달성에 기여할 수 있다(*높은 신뢰도*). {3.4.2, 4.7.2, 5.1, 5.7, 6.3, 6.4}

C.3 토지 및 식량 정책 설계 시 공동 이익과 상충 관계를 인식함으로써 이행의 장벽을 극복할 수 있다(*중간 신뢰도*). 토지관리에 대한 의사결정이 농장수준에서 국가 규모에 걸쳐 이루어지고 기후 정책과 토지 정책 범위가 다수의 부문, 부처, 정부 기관 전반에 이르는 것을 고려해 볼 때, 반복되고, 일관성 있고, 적응력있고, 융통성 있는 방식으로 개발하고 도입한 정책뿐만 아니라 강화된 다층적, 혼합적, 부문에 걸친 가버넌스는 공동이익을 최대화 하고 상충 관계를 최소화 할 수 있다(*높은 신뢰도*). (그림 SPM.3) {4.8.5, 4.9, 5.6, 6.4, 7.3, 7.4.6, 7.4.8, 7.4.9, 7.5.6, 7.6.2}

C.3.1 사막화, 토지 황폐화, 식량안보를 통합적 및 조직적이며 유기적인 방식으로 다루면 기후 회복력 발달을 지원하고 수많은 잠재적 공동 이익을 제공할 수 있다(*높은 신뢰도*). {3.7.5, 4.8, 5.6, 5.7, 6.4, 7.2.2, 7.3.1, 7.3.4, 7.4.7, 7.4.8, 7.5.6, 7.5.5}

C.3.2 이익의 불확실성처럼 기술적, 생물물리학적, 사회경제적, 금융적, 문화적 장벽은 다수의 토지 기반 대응 옵션을 도입하는 데 제한을 줄 수 있다(*높은 신뢰도*). 다수의 지속가능한 토지관리 실천은 불안정한 토지보유권, 자원과 농업 자문 서비스에 대한 접근 결여, 불충분하고 불평등한 민간공공 장려금, 지식과 실무 경험의 부족으로 인해 널리 채택되고 있지 있다(*높은 신뢰도*). 공개 담론, 신중하게 설계된 정책 개입, 사회적 학습 통합과 시장 변화는 이행 장벽을 낮추는 데 도움이 된다(*중간 신뢰도*). {3.6.1, 3.6.2, 5.3.5, 5.5.2, 5.6, 6.2, 6.4, 7.4, 7.5, 7.6}

C.3.3 토지와 식량 부문은 기관의 단편화에 대한 특정 도전에 직면하고 상이한 규모의 이해당사자들 간 참여 부족과 편협하게 집중된 정책 목표로 난항을 겪는다(*중간 신뢰도*). 공중 보건, 수송, 환경, 물, 에너지, 기반시설 등 다른 분야와 협업을 통해 리스크 감소와 복지 개선 등 공동 이익을 높일 수 있다(*중간 신뢰도*). {5.6.3, 5.7, 6.2, 6.4.4, 7.1, 7.3, 7.4.8, 7.6.2, 7.6.3}

C.3.4 일부 대응 옵션과 정책은 사회적 영향, 생태계 기능·서비스 손상, 수분고갈 또는 고비용 등 상충 관계를 가져올 수 있으며, 기관의 모범 사례를 활용하더라도 제대로 관리될 수 없다(*중간 신뢰도*). 이러한 상충 관계를 다루면 부적응을 방지하는 데 도움이 될 수 있다(*중간 신뢰도*). 잠재적 상충 관계와 지식 격차를 예상하고 평가하는 것은 각기 다른 이해당사자를 위한 특정 대응의 비용과 이익을 비교 검토하기 위한 증거 기반의 정책 수립을 지원한다(*중간 신뢰도*). 상충 관계의 성공적 관리는 특히 지역 사회 기반 모델에서 구조화된 피드백 과정으로 이해당사자의 투입을 극대화 할 뿐만 아니라 중개 대화 또는 공간적 명시 매핑 등 혁신적 토론회 활용 및 새로운 증거가 밝혀질 시 정책의 지속적 재조정을 감안한 반복적 적응 관리를 포함한다(*중간 신뢰도*). {5.3.5, 6.4.2, 6.4.4, 6.4.5, 7.5.6; 제7장의 Cross-Chapter 박스9}

C.4 토지 기반 기후변화 적응 및 완화를 위한 정책기구의 선택과 평가, 이행, 감시에서 의사결정과 거버넌스의 유효성은 지역 이해당사자의 참여로 향상될 수 있다(특히 토착민과 현지 지역사회, 여성, 빈곤층과 소외계층 등 기후변화에 가장 취약한 사람들) (*높은 신뢰도*). 부문 간 그리고 규모 간의 통합은 공동 이익을 최대화하고 상충 관계를 최소화한다(*중간 신뢰도*). {1.4, 3.1, 3.6, 3.7, 4.8, 4.9, 5.1.3, 박스 5.1, 7.4, 7.6}

C.2.2 Reflecting the environmental costs of land-degrading agricultural practices can incentivise more sustainable land management (*high confidence*). Barriers to the reflection of environmental costs arise from technical difficulties in estimating these costs and those embodied in foods. {3.6.3, 5.5.1, 5.5.2, 5.6.6, 5.7, 7.4.4, Cross-Chapter Box 10 in Chapter 7}

C.2.3 Adaptation and enhanced resilience to extreme events impacting food systems can be facilitated by comprehensive risk management, including risk sharing and transfer mechanisms (*high confidence*). Agricultural diversification, expansion of market access, and preparation for increasing supply chain disruption can support the scaling up of adaptation in food systems (*high confidence*). {5.3.2, 5.3.3, 5.3.5}

C.2.4 Public health policies to improve nutrition, such as increasing the diversity of food sources in public procurement, health insurance, financial incentives, and awareness-raising campaigns, can potentially influence food demand, reduce healthcare costs, contribute to lower GHG emissions and enhance adaptive capacity (*high confidence*). Influencing demand for food, through promoting diets based on public health guidelines, can enable more sustainable land management and contribute to achieving multiple SDGs (*high confidence*). {3.4.2, 4.7.2, 5.1, 5.7, 6.3, 6.4}

C.3 Acknowledging co-benefits and trade-offs when designing land and food policies can overcome barriers to implementation (*medium confidence*). Strengthened multi-level, hybrid and cross-sectoral governance, as well as policies developed and adopted in an iterative, coherent, adaptive and flexible manner can maximise co-benefits and minimise trade-offs, given that land management decisions are made from farm level to national scales, and both climate and land policies often range across multiple sectors, departments and agencies (*high confidence*). (Figure SPM.3) {4.8.5, 4.9, 5.6, 6.4, 7.3, 7.4.6, 7.4.8, 7.4.9, 7.5.6, 7.6.2}

C.3.1 Addressing desertification, land degradation, and food security in an integrated, coordinated and coherent manner can assist climate resilient development and provides numerous potential co-benefits (*high confidence*). {3.7.5, 4.8, 5.6, 5.7, 6.4, 7.2.2, 7.3.1, 7.3.4, 7.4.7, 7.4.8, 7.5.6, 7.5.5}

C.3.2 Technological, biophysical, socio-economic, financial and cultural barriers can limit the adoption of many land-based response options, as can uncertainty about benefits (*high confidence*). Many sustainable land management practices are not widely adopted due to insecure land tenure, lack of access to resources and agricultural advisory services, insufficient and unequal private and public incentives, and lack of knowledge and practical experience (*high confidence*). Public discourse, carefully designed policy interventions, incorporating social learning and market changes can together help reduce barriers to implementation (*medium confidence*). {3.6.1, 3.6.2, 5.3.5, 5.5.2, 5.6, 6.2, 6.4, 7.4, 7.5, 7.6}

C.3.3 The land and food sectors face particular challenges of institutional fragmentation and often suffer from a lack of engagement between stakeholders at different scales and narrowly focused policy objectives (*medium confidence*). Coordination with other sectors, such as public health, transportation, environment, water, energy and infrastructure, can increase co-benefits, such as risk reduction and improved health (*medium confidence*). {5.6.3, 5.7, 6.2, 6.4.4, 7.1, 7.3, 7.4.8, 7.6.2, 7.6.3}

C.3.4 Some response options and policies may result in trade-offs, including social impacts, ecosystem functions and services damage, water depletion, or high costs, that cannot be well-managed, even with institutional best practices (*medium confidence*). Addressing such trade-offs helps avoid maladaptation (*medium confidence*). Anticipation and evaluation of potential trade-offs and knowledge gaps supports evidence-based policymaking to weigh the costs and benefits of specific responses for different stakeholders (*medium confidence*). Successful management of trade-offs often includes maximising stakeholder input with structured feedback processes, particularly in community-based models, use of innovative fora like facilitated dialogues or spatially explicit mapping, and iterative adaptive management that allows for continuous readjustments in policy as new evidence comes to light (*medium confidence*). {5.3.5, 6.4.2, 6.4.4, 6.4.5, 7.5.6, Cross-Chapter Box 9 in Chapter 7}

C.4 The effectiveness of decision-making and governance is enhanced by the involvement of local stakeholders (particularly those most vulnerable to climate change including indigenous peoples and local communities, women, and the poor and marginalised) in the selection, evaluation, implementation and monitoring of policy instruments for land-based climate change adaptation and mitigation (*high confidence*). Integration across sectors and scales increases the chance of maximising co-benefits and minimising trade-offs (*medium confidence*). {1.4, 3.1, 3.6, 3.7, 4.8, 4.9, 5.1.3, Box 5.1, 7.4, 7.6}

C.4.1 지속가능한 토지관리 실천을 성공적으로 이행하려면 현지 환경 및 사회경제적 조건을 고려해야 한다(*매우 높은 신뢰도*). 토지 이용의 압력과 영향(생물다양성의 감소, 토양 유실, 지하수의 과도한 추출, 서식지 손실, 농업용 토지이용의 변화, 식량 생산과 임업)을 식별할 뿐 아니라 토지 황폐화의 예방, 감소, 복원 시 모든 이해당사자를 참여시킴으로써 기후변화 맥락에서 보통 지속가능한 토지관리를 진행시킬 수 있다(*중간 신뢰도*){1.4.1, 4.1.6, 4.8.7, 5.2.5, 7.2.4, 7.6.2, 7.6.4}

C.4.2 정책 기구의 성과 측정, 보고, 검증 시의 포괄성은 지속가능한 토지관리를 지원할 수 있다(*중간 신뢰도*). 지표 선정, 기후 자료 수집, 토지 모델링 및 토지 이용 계획에 이해당사자를 참여시키면 통합적 경관 계획과 정책적 선택을 중재하고 촉진할 수 있다(*중간 신뢰도*).{3.7.5, 5.7.4, 7.4.1, 7.4.4, 7.5.3, 7.5.4, 7.5.5, 7.6.4, 7.6.6}

C.4.3 토착 및 현지 지식을 포함하는 농업의 실천은 기후변화, 식량 안보, 생물다양성 보존, 사막화와 토지 황폐화 방지의 복합적 도전을 극복하는데 도움이 될 수 있다(*높은 신뢰도*). 동반자 관계에 있는 기업, 생산자, 소비자, 토지관리자, 정책결정자 등 광범위한 행위자가 토착민과 현지 지역사회와 협력하여 행동을 조율한다면 대응 옵션을 채택하기 위한 조건을 활성화시킬 수 있다(*높은 신뢰도*). {3.1.3, 3.6.1, 3.6.2, 4.8.2, 5.5.1, 5.6.4, 5.7.1, 5.7.4, 6.2, 7.3, 7.4.6, 7.6.4}

C.4.4 여성의 역량 증진을 통해 가정의 식량 안보와 지속가능한 토지관리를 위한 시너지와 공동 이익을 가져올 수 있다(*높은 신뢰도*). 기후변화 영향에 대한 여성의 과도한 취약성 때문에, 이들을 토지관리와 토지보유권에 포함시키는 데 제약이 따른다. 토지 권리와 지속가능한 토지관리에 여성의 참여를 막는 장벽을 다룰 수 있는 정책은 빈곤 퇴치 프로그램의 후원에 따라 여성에게 경제자원 이전을 포함하고, 여성을 위한 보건, 교육, 훈련과 역량 구축을 위한 자금 지원 및 기존 여성의 지역사회 기반 조직을 통한 보조금과 보조금 프로그램을 보급하는 것이다(*중간 신뢰도*){1.4.1, 4.8.2, 5.1.3, 제7장의 Cross-Chapter 박스11}.

C.4.1 Successful implementation of sustainable land management practices requires accounting for local environmental and socio-economic conditions (*very high confidence*). Sustainable land management in the context of climate change is typically advanced by involving all relevant stakeholders in identifying land-use pressures and impacts (such as biodiversity decline, soil loss, over-extraction of groundwater, habitat loss, land-use change in agriculture, food production and forestry) as well as preventing, reducing and restoring degraded land (*medium confidence*). {1.4.1, 4.1.6, 4.8.7, 5.2.5, 7.2.4, 7.6.2, 7.6.4}

C.4.2 Inclusiveness in the measurement, reporting and verification of the performance of policy instruments can support sustainable land management (*medium confidence*). Involving stakeholders in the selection of indicators, collection of climate data, land modelling and land-use planning, mediates and facilitates integrated landscape planning and choice of policy (*medium confidence*). {3.7.5, 5.7.4, 7.4.1, 7.4.4, 7.5.3, 7.5.4, 7.5.5, 7.6.4, 7.6.6}

C.4.3 Agricultural practices that include indigenous and local knowledge can contribute to overcoming the combined challenges of climate change, food security, biodiversity conservation, and combating desertification and land degradation (*high confidence*). Coordinated action across a range of actors including businesses, producers, consumers, land managers and policymakers in partnership with indigenous peoples and local communities enable conditions for the adoption of response options (*high confidence*) {3.1.3, 3.6.1, 3.6.2, 4.8.2, 5.5.1, 5.6.4, 5.7.1, 5.7.4, 6.2, 7.3, 7.4.6, 7.6.4}

C.4.4 Empowering women can bring synergies and co-benefits to household food security and sustainable land management (*high confidence*). Due to women's disproportionate vulnerability to climate change impacts, their inclusion in land management and tenure is constrained. Policies that can address land rights and barriers to women's participation in sustainable land management include financial transfers to women under the auspices of anti-poverty programmes, spending on health, education, training and capacity building for women, subsidised credit and program dissemination through existing women's community-based organisations (*medium confidence*). {1.4.1, 4.8.2, 5.1.3, Cross-Chapter Box 11 in Chapter 7}

A. 사회경제적 발전, 완화 대응 및 토지를 연계하는 경로

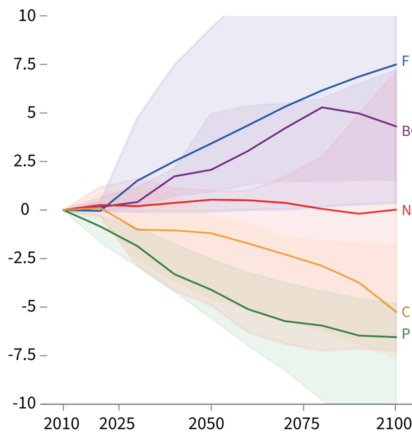
사회경제적 발전과 토지관리는 **경작지**, **목초지**, **바이오에너지 경작지**, **산림**, **자연지**에 할당된 토지의 상대적 규모를 포함하는 토지 시스템의 발전에 영향을 미친다. 선들은 세 가지 대체 공유 사회경제 경로(**RCP1.9**에서의 **SSP1**, **SSP2**, **SSP5**)에 대한 IAM(통합평가모델)의 중간값을 나타낸다. 음영 구역은 모델 전반의 범위를 나타낸다. 단, 각 경로는 기후변화의 영향이나 적응의 효과가 아니라 기후변화 완화의 효과를 보여준다는 점에 유의한다.

A. 지속가능성 중심(SSP1)
토지관리, 농업 강화, 생산과 소비 패턴의 지속가능성은 1인당 식량 소비의 증가에도 불구하고 농지에 대한 요구를 감소시킨다. 대신에 이 토지는 재조림, 신규조림, 바이오에너지용으로 사용 가능하다.

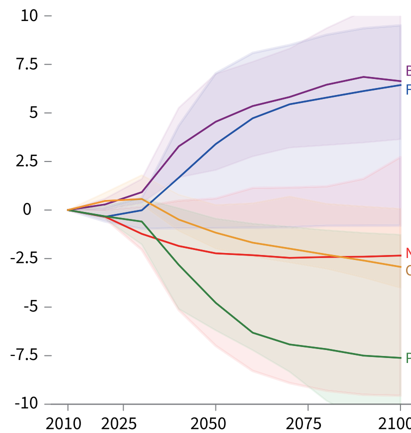
B. 중도(SSP2)
사회 및 기술적 발전은 역사적 패턴을 따른다. 바이오에너지, 산림파괴 또는 신규조림의 감소 등 토지 완화 옵션에 대한 수요 증가는 식량, 사료, 섬유용 농지의 가용성을 감소시킨다.

C. 자원 집약적(SSP5)
자원 집약적 생산과 소비 패턴은 기준 배출을 높인다. 완화는 상당한 바이오에너지와 BECCS 등 기술적 해결책에 중점을 둔다. 강화와 토지이용 경쟁은 농지 감소의 원인이다.

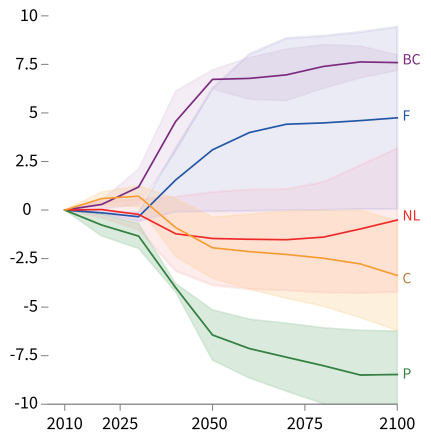
SSP1 지속가능성 중심
2010년 이후 토지 변화(백만 km²)



SSP2 중도
2010년 이후 토지 변화(백만 km²)



SSP5 자원 집약적
2010년 이후 토지 변화(백만 km²)



경작지 목초지 바이오에너지 경작지 삼림 자연지

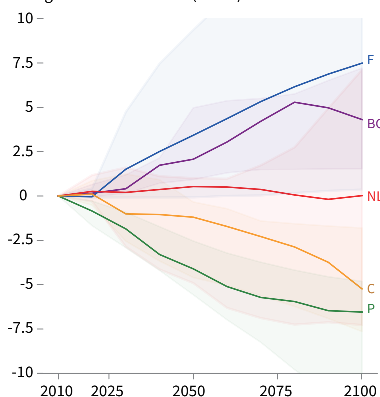
A. Pathways linking socioeconomic development, mitigation responses and land

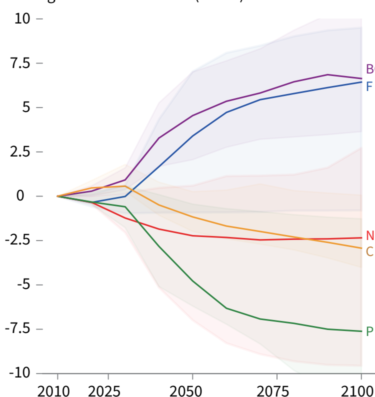
Socioeconomic development and land management influence the evolution of the land system including the relative amount of land allocated to **CROPLAND**, **PASTURE**, **BIOENERGY CROPLAND**, **FOREST**, and **NATURAL LAND**. The lines show the median across Integrated Assessment Models (IAMs) for three alternative shared socioeconomic pathways (**SSP1**, **SSP2** and **SSP5** at **RCP1.9**); shaded areas show the range across models. Note that pathways illustrate the effects of climate change mitigation but not those of climate change impacts or adaptation.

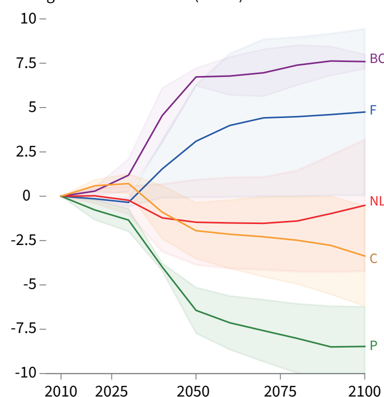
A. Sustainability-focused (SSP1)
Sustainability in land management, agricultural intensification, production and consumption patterns result in reduced need for agricultural land, despite increases in per capita food consumption. This land can instead be used for reforestation, afforestation, and bioenergy.

B. Middle of the road (SSP2)
Societal as well as technological development follows historical patterns. Increased demand for land mitigation options such as bioenergy, reduced deforestation or afforestation decreases availability of agricultural land for food, feed and fibre.

C. Resource intensive (SSP5)
Resource-intensive production and consumption patterns, results in high baseline emissions. Mitigation focuses on technological solutions including substantial bioenergy and BECCS . Intensification and competing land uses contribute to declines in agricultural land.







CROPLAND PASTURE BIOENERGY CROPLAND FOREST NATURAL LAND

SPM

B. SSP에서 토지 이용과 토지피복 변화

	SSP용 정량적 지표	포함된 모델 수*	2010년 이후 자연지 변화 백만 km^2	2010년 이후 바이오에너지 경작지 변화 백만 km^2	2010년 이후 경작지 변화 백만 km^2	2010년 이후 산림 변화 백만 km^2	2010년 이후 목초지 변화 백만 km^2
SSP1	2050년 **RCP1.9**	5/5	0.5 (-4.9 , 1)	2.1 (0.9 , 5)	-1.2 (-4.6 , -0.3)	3.4 (-0.1 , 9.4)	-4.1 (-5.6 , -2.5)
	↳2100		0 (-7.3 , 7.1)	4.3 (1.5 , 7.2)	-5.2 (-7.6 , -1.8)	7.5 (0.4 , 15.8)	-6.5 (-12.2 , -4.8)
	2050년 **RCP2.6**	5/5	-0.9 (-2.2 , 1.5)	1.3 (0.4 , 1.9)	-1 (-4.7 , 1)	2.6 (-0.1 , 8.4)	-3 (-4 , -2.4)
	↳2100		0.2 (-3.5 , 1.1)	5.1 (1.6 , 6.3)	-3.2 (-7.7 , -1.8)	6.6 (-0.1 , 10.5)	-5.5 (-9.9 , -4.2)
	2050년 **RCP4.5**	5/5	0.5 (-1 , 1.7)	0.8 (0.5 , 1.3)	0.1 (-3.2 , 1.5)	0.6 (-0.7 , 4.2)	-2.4 (-3.3 , -0.9)
	↳2100		1.8 (-1.7 , 6)	1.9 (1.4 , 3.7)	-2.3 (-6.4 , -1.6)	3.9 (0.2 , 8.8)	-4.6 (-7.3 , -2.7)
	2050년 **베이스라인**	5/5	0.3 (-1.1 , 1.8)	0.5 (0.2 , 1.4)	0.2 (-1.6 , 1.9)	-0.1 (-0.8 , 1.1)	-1.5 (-2.9 , -0.2)
	↳2100		3.3 (-0.3 , 5.9)	1.8 (1.4 , 2.4)	-1.5 (-5.7 , -0.9)	0.9 (0.3 , 3)	-2.1 (-7 , 0)
SSP2	2050년 **RCP1.9**	4/5	-2.2 (-7 , 0.6)	4.5 (2.1 , 7)	-1.2 (-2 , 0.3)	3.4 (-0.9 , 7)	-4.8 (-6.2 , -0.4)
	↳2100		-2.3 (-9.6 , 2.7)	6.6 (3.6 , 11)	-2.9 (-4 , 0.1)	6.4 (-0.8 , 9.5)	-7.6 (-11.7 , -1.3)
	2050년 **RCP2.6**	5/5	-3.2 (-4.2 , 0.1)	2.2 (1.7 , 4.7)	0.6 (-1.9 , 1.9)	1.6 (-0.9 , 4.2)	-1.4 (-3.7 , 0.4)
	↳2100		-5.2 (-7.2 , 0.5)	6.9 (2.3 , 10.8)	-1.4 (-4 , 0.8)	5.6 (-0.9 , 5.9)	-7.2 (-8 , 0.5)
	2050년 **RCP4.5**	5/5	-2.2 (-2.2 , 0.7)	1.5 (0.1 , 2.1)	1.2 (-0.9 , 2.7)	-0.9 (-2.5 , 2.9)	-0.1 (-2.5 , 1.6)
	↳2100		-3.4 (-4.7 , 1.5)	4.1 (0.4 , 6.3)	0.7 (-2.6 , 3.1)	-0.5 (-3.1 , 5.9)	-2.8 (-5.3 , 1.9)
	2050년 **베이스라인**	5/5	-1.5 (-2.6 , -0.2)	0.7 (0 , 1.5)	1.3 (1 , 2.7)	-1.3 (-2.5 , -0.4)	-0.1 (-1.2 , 1.6)
	↳2100		-2.1 (-5.9 , 0.3)	1.2 (0.1 , 2.4)	1.9 (0.8 , 2.8)	-1.3 (-2.7 , -0.2)	-0.2 (-1.9 , 2.1)
SSP3	2050년 **RCP1.9**	평가된 모든 모델에서 실행불가능		-	-	-	-
	↳2100			-	-	-	-
	2050년 **RCP2.6**	평가된 모든 모델에서 실행불가능		-	-	-	-
	↳2100			-	-	-	-
	2050년 **RCP4.5**	3/3	-3.4 (-4.4 , -2)	1.3 (1.3 , 2)	2.3 (1.2 , 3)	-2.4 (-4 , -1)	2.1 (-0.1 , 3.8)
	↳2100		-6.2 (-6.8 , -5.4)	4.6 (1.5 , 7.1)	3.4 (1.9 , 4.5)	-3.1 (-5.5 , -0.3)	2 (-2.5 , 4.4)
	2050년 **베이스라인**	4/4	-3 (-4.6 , -1.7)	1 (0.2 , 1.5)	2.5 (1.5 , 3)	-2.5 (-4 , -1.5)	2.4 (0.6 , 3.8)
	↳2100		-5 (-7.1 , -4.2)	1.1 (0.9 , 2.5)	5.1 (3.8 , 6.1)	-5.3 (-6 , -2.6)	3.4 (0.9 , 6.4)
SSP4	2050년 **RCP1.9**	평가된 모든 모델에서 실행불가능**		-	-	-	-
	↳2100			-	-	-	-
	2050년 **RCP2.6**	3/3	-4.5 (-6 , -2.1)	3.3 (1.5 , 4.5)	0.5 (-0.1 , 0.9)	0.7 (-0.3 , 2.2)	-0.6 (-0.7 , 0.1)
	↳2100		-5.8 (-10.2 , -4.7)	2.5 (2.3 , 15.2)	-0.8 (-0.8 , 1.8)	1.4 (-1.7 , 4.1)	-1.2 (-2.5 , -0.2)
	2050년 **RCP4.5**	3/3	-2.7 (-4.4 , -0.4)	1.7 (1 , 1.9)	1.1 (-0.1 , 1.7)	-1.8 (-2.3 , 2.1)	0.8 (-0.5 , 1.5)
	↳2100		-2.8 (-7.8 , -2)	2.7 (2.3 , 4.7)	1.1 (0.2 , 1.2)	-0.7 (-2.6 , 1)	1.4 (-1 , 1.8)
	2050년 **베이스라인**	3/3	-2.8 (-2.9 , -0.2)	1.1 (0.7 , 2)	1.1 (0.7 , 1.8)	-1.8 (-2.3 , -1)	1.5 (-0.5 , 2.1)
	↳2100		-2.4 (-5 , -1)	1.7 (1.4 , 2.6)	1.2 (1.2 , 1.9)	-2.4 (-2.5 , -2)	1.3 (-1 , 4.4)
SSP5	2050년 **RCP1.9**	2/4	-1.5 (-3.9 , 0.9)	6.7 (6.2 , 7.2)	-1.9 (-3.5 , -0.4)	3.1 (-0.1 , 6.3)	-6.4 (-7.7 , -5.1)
	↳2100		-0.5 (-4.2 , 3.2)	7.6 (7.2 , 8)	-3.4 (-6.2 , -0.5)	4.7 (0.1 , 9.4)	-8.5 (-10.7 , -6.2)
	2050년 **RCP2.6**	4/4	-3.4 (-6.9 , 0.3)	4.8 (3.8 , 5.1)	-2.1 (-4 , 1)	3.9 (-0.1 , 6.7)	-4.4 (-5 , 0.2)
	↳2100		-4.3 (-8.4 , 0.5)	9.1 (7.7 , 9.2)	-3.3 (-6.5 , -0.5)	3.9 (-0.1 , 9.3)	-6.3 (-9.1 , -1.4)
	2050년 **RCP4.5**	4/4	-2.5 (-3.7 , 0.2)	1.7 (0.6 , 2.9)	0.6 (-3.3 , 1.9)	-0.1 (-1.7 , 6)	-1.2 (-2.6 , 2.3)
	↳2100		-4.1 (-4.6 , 0.7)	4.8 (2 , 8)	-1 (-5.5 , 1)	-0.2 (-1.4 , 9.1)	-3 (-5.2 , 2.1)
	2050년 **베이스라인**	4/4	-0.6 (-3.8 , 0.4)	0.8 (0 , 2.1)	1.5 (-0.7 , 3.3)	-1.9 (-3.4 , 0.5)	-0.1 (-1.5 , 2.9)
	↳2100		-0.2 (-2.4 , 1.8)	1 (0.2 , 2.3)	1 (-2 , 2.5)	-2.1 (-3.4 , 1.1)	-0.4 (-2.4 , 2.8)

* 포함된 모델 수 / 시도된 모델 수. 모델은 토지 데이터를 제공하지 않았고 모든 항목에서 제외된다

** 모델은 SSP4로 RCP1.9에 도달할 수 있었으나, 토지 데이터를 제공하지 않았다.

B. Land use and land cover change in the SSPs

	Quantitative indicators for the SSPs	Count of models included*	Change in Natural Land from 2010 Mkm²	Change in Bioenergy Cropland from 2010 Mkm²	Change in Cropland from 2010 Mkm²	Change in Forest from 2010 Mkm²	Change in Pasture from 2010 Mkm²
SSP1	**RCP1.9** in 2050	5/5	0.5 (-4.9, 1)	2.1 (0.9, 5)	-1.2 (-4.6, -0.3)	3.4 (-0.1, 9.4)	-4.1 (-5.6, -2.5)
	↳ 2100		0 (-7.3, 7.1)	4.3 (1.5, 7.2)	-5.2 (-7.6, -1.8)	7.5 (0.4, 15.8)	-6.5 (-12.2, -4.8)
	RCP2.6 in 2050	5/5	-0.9 (-2.2, 1.5)	1.3 (0.4, 1.9)	-1 (-4.7, 1)	2.6 (-0.1, 8.4)	-3 (-4, -2.4)
	↳ 2100		0.2 (-3.5, 1.1)	5.1 (1.6, 6.3)	-3.2 (-7.7, -1.8)	6.6 (-0.1, 10.5)	-5.5 (-9.9, -4.2)
	RCP4.5 in 2050	5/5	0.5 (-1, 1.7)	0.8 (0.5, 1.3)	0.1 (-3.2, 1.5)	0.6 (-0.7, 4.2)	-2.4 (-3.3, -0.9)
	↳ 2100		1.8 (-1.7, 6)	1.9 (1.4, 3.7)	-2.3 (-6.4, -1.6)	3.9 (0.2, 8.8)	-4.6 (-7.3, -2.7)
	Baseline in 2050	5/5	0.3 (-1.1, 1.8)	0.5 (0.2, 1.4)	0.2 (-1.6, 1.9)	-0.1 (-0.8, 1.1)	-1.5 (-2.9, -0.2)
	↳ 2100		3.3 (-0.3, 5.9)	1.8 (1.4, 2.4)	-1.5 (-5.7, -0.9)	0.9 (0.3, 3)	-2.1 (-7, 0)
SSP2	**RCP1.9** in 2050	4/5	-2.2 (-7, 0.6)	4.5 (2.1, 7)	-1.2 (-2, 0.3)	3.4 (-0.9, 7)	-4.8 (-6.2, -0.4)
	↳ 2100		-2.3 (-9.6, 2.7)	6.6 (3.6, 11)	-2.9 (-4, 0.1)	6.4 (-0.8, 9.5)	-7.6 (-11.7, -1.3)
	RCP2.6 in 2050	5/5	-3.2 (-4.2, 0.1)	2.2 (1.7, 4.7)	0.6 (-1.9, 1.9)	1.6 (-0.9, 4.2)	-1.4 (-3.7, 0.4)
	↳ 2100		-5.2 (-7.2, 0.5)	6.9 (2.3, 10.8)	-1.4 (-4, 0.8)	5.6 (-0.9, 5.9)	-7.2 (-8, 0.5)
	RCP4.5 in 2050	5/5	-2.2 (-2.2, 0.7)	1.5 (0.1, 2.1)	1.2 (-0.9, 2.7)	-0.9 (-2.5, 2.9)	-0.1 (-2.5, 1.6)
	↳ 2100		-3.4 (-4.7, 1.5)	4.1 (0.4, 6.3)	0.7 (-2.6, 3.1)	-0.5 (-3.1, 5.9)	-2.8 (-5.3, 1.9)
	Baseline in 2050	5/5	-1.5 (-2.6, -0.2)	0.7 (0, 1.5)	1.3 (1, 2.7)	-1.3 (-2.5, -0.4)	-0.1 (-1.2, 1.6)
	↳ 2100		-2.1 (-5.9, 0.3)	1.2 (0.1, 2.4)	1.9 (0.8, 2.8)	-1.3 (-2.7, -0.2)	-0.2 (-1.9, 2.1)
SSP3	**RCP1.9** in 2050	Infeasible in all assessed models		-	-	-	-
	↳ 2100			-	-	-	-
	RCP2.6 in 2050	Infeasible in all assessed models		-	-	-	-
	↳ 2100			-	-	-	-
	RCP4.5 in 2050	3/3	-3.4 (-4.4, -2)	1.3 (1.3, 2)	2.3 (1.2, 3)	-2.4 (-4, -1)	2.1 (-0.1, 3.8)
	↳ 2100		-6.2 (-6.8, -5.4)	4.6 (1.5, 7.1)	3.4 (1.9, 4.5)	-3.1 (-5.5, -0.3)	2 (-2.5, 4.4)
	Baseline in 2050	4/4	-3 (-4.6, -1.7)	1 (0.2, 1.5)	2.5 (1.5, 3)	-2.5 (-4, -1.5)	2.4 (0.6, 3.8)
	↳ 2100		-5 (-7.1, -4.2)	1.1 (0.9, 2.5)	5.1 (3.8, 6.1)	-5.3 (-6, -2.6)	3.4 (0.9, 6.4)
SSP4	**RCP1.9** in 2050	Infeasible in all assessed models**		-	-	-	-
	↳ 2100			-	-	-	-
	RCP2.6 in 2050	3/3	-4.5 (-6, -2.1)	3.3 (1.5, 4.5)	0.5 (-0.1, 0.9)	0.7 (-0.3, 2.2)	-0.6 (-0.7, 0.1)
	↳ 2100		-5.8 (-10.2, -4.7)	2.5 (2.3, 15.2)	-0.8 (-0.8, 1.8)	1.4 (-1.7, 4.1)	-1.2 (-2.5, -0.2)
	RCP4.5 in 2050	3/3	-2.7 (-4.4, -0.4)	1.7 (1, 1.9)	1.1 (-0.1, 1.7)	-1.8 (-2.3, 2.1)	0.8 (-0.5, 1.5)
	↳ 2100		-2.8 (-7.8, -2)	2.7 (2.3, 4.7)	1.1 (0.2, 1.2)	-0.7 (-2.6, 1)	1.4 (-1, 1.8)
	Baseline in 2050	3/3	-2.8 (-2.9, -0.2)	1.1 (0.7, 2)	1.1 (0.7, 1.8)	-1.8 (-2.3, -1)	1.5 (-0.5, 2.1)
	↳ 2100		-2.4 (-5, -1)	1.7 (1.4, 2.6)	1.2 (1.2, 1.9)	-2.4 (-2.5, -2)	1.3 (-1, 4.4)
SSP5	**RCP1.9** in 2050	2/4	-1.5 (-3.9, 0.9)	6.7 (6.2, 7.2)	-1.9 (-3.5, -0.4)	3.1 (-0.1, 6.3)	-6.4 (-7.7, -5.1)
	↳ 2100		-0.5 (-4.2, 3.2)	7.6 (7.2, 8)	-3.4 (-6.2, -0.5)	4.7 (0.1, 9.4)	-8.5 (-10.7, -6.2)
	RCP2.6 in 2050	4/4	-3.4 (-6.9, 0.3)	4.8 (3.8, 5.1)	-2.1 (-4, 1)	3.9 (-0.1, 6.7)	-4.4 (-5, 0.2)
	↳ 2100		-4.3 (-8.4, 0.5)	9.1 (7.7, 9.2)	-3.3 (-6.5, -0.5)	3.9 (-0.1, 9.3)	-6.3 (-9.1, -1.4)
	RCP4.5 in 2050	4/4	-2.5 (-3.7, 0.2)	1.7 (0.6, 2.9)	0.6 (-3.3, 1.9)	-0.1 (-1.7, 6)	-1.2 (-2.6, 2.3)
	↳ 2100		-4.1 (-4.6, 0.7)	4.8 (2, 8)	-1 (-5.5, 1)	-0.2 (-1.4, 9.1)	-3 (-5.2, 2.1)
	Baseline in 2050	4/4	-0.6 (-3.8, 0.4)	0.8 (0, 2.1)	1.5 (-0.7, 3.3)	-1.9 (-3.4, 0.5)	-0.1 (-1.5, 2.9)
	↳ 2100		-0.2 (-2.4, 1.8)	1 (0.2, 2.3)	1 (-2, 2.5)	-2.1 (-3.4, 1.1)	-0.4 (-2.4, 2.8)

** Count of models included / Count of models attempted. One model did not provide land data and is excluded from all entries.*

*** One model could reach RCP1.9 with SSP4, but did not provide land data.*

그림 SPM.4 | 사회경제적 발전, 완화 대응, 토지를 연계하는 경로

미래 시나리오는 토지에 대한 완화와 사회경제적 시사점을 이해하기 위한 틀을 제공한다. SSP (공동 사회·경제 경로)는 광범위한 사회경제적 가정을 포괄한다(상자 SPM.1). 이들은 RCP (대표농도경로)와 조합되고[36] 각기 다른 수준의 완화를 의미한다. 2010년 이후 경작지, 목초지, 바이오에너지 경작지, 산림과 자연지의 변화를 제시한다. 이 그림의 경우, 경작지는 식량, 사료, 사료작물뿐만 아니라 기타 경작이 가능한 토지를 모두 포함한다(경작된 지역). 이 범주는 1세대 비산림 바이오에너지 작물을 포함하지만(예: 에탄올용 옥수수, 에탄올용 사탕수수, 바이오디젤용 콩), 2세대 바이오에너지 작물은 제외한다. 목초지는 고품질의 방목장뿐만 아니라 목초지의 범주를 포함하며, "영구채초지와 목초지(permanent meadows and pastures)"에 대한 FAO 정의를 기반으로 한다. 바이오에너지 경작지는 2세대 에너지 작물용 토지를 포함한다(예: 지팽이풀, 억새, 속성 수종). 산림은 관리된 산림과 관리되지 않은 산림을 포함한다. 자연지는 기타 풀밭, 사바나, 관목지를 포함한다. **패널A:** 이 패널은 SSP1, SSP2, SSP5에 대한 통합평가모델(IAM)[37] 결과를 RCP1.9[38]에서 보여준다. 각 경로의 경우, 음영 부분은 모든 IAM 전반의 범위를 나타낸다. 선들은 모델 전반의 중간값을 보여준다. RCP1.9의 경우, SSP1, SSP2, SSP5는 5가지, 4가지, 2가지 IAM의 결과를 각각 포함한다. **패널 B:** 토지 이용과 토지피복의 변화는 다양한 SSP-RCP 조합에 대해 표시되며, 다중 모델의 중간값과 범위(최소, 최대)를 보여준다. (박스 SPM.1) {1.3.2, 2.7.2, 6.1, 6.4.4, 7.4.2, 7.4.4, 7.4.5, 7.4.6, 7.4.7, 7.4.8, 7.5.3, 7.5.6, 제1장의 Cross-Chapter 박스1, 제6장의 Cross-Chapter 박스9}

[36] 대표농도경로(RCP)는 토지이용/토지피복뿐만 아니라 온실가스(GHG), 에어로졸과 화학적 활성 기체의 총 배출과 농도의 시계열을 포함하는 시나리오이다.

[37] 통합평가모델(IAM)은 둘 이상 영역의 지식을 하나의 틀에 통합한다. 이 그림에서, IAM을 이용하여 경제, 사회, 기술 발전과 기후 시스템 발전 간의 연계를 평가하기 위해 IAM을 이용한다.

[38] 보고서에서 평가한 RCP1.9 경로는 온난화를 2100년에 1.5℃로 제한할 확률을 66%로 보지만, 이 경로의 일부는 21세기 동안 1.5℃의 온난화에서 0.1℃ 더 초과된다고 본다.

Figure SPM.4 | Pathways linking socioeconomic development, mitigation responses and land. Future scenarios provide a framework for understanding the implications of mitigation and socioeconomics on land. The Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) span a range of different socioeconomic assumptions (Box SPM.1). They are combined with Representative Concentration Pathways (RCPs)[36] which imply different levels of mitigation. The changes in cropland, pasture, bioenergy cropland, forest, and natural land from 2010 are shown. For this Figure, Cropland includes all land in food, feed, and fodder crops, as well as other arable land (cultivated area). This category includes first generation non-forest bioenergy crops (e.g., corn for ethanol, sugar cane for ethanol, soybeans for biodiesel), but excludes second generation bioenergy crops. Pasture includes categories of pasture land, not only high-quality rangeland, and is based on FAO definition of 'permanent meadows and pastures'. Bioenergy cropland includes land dedicated to second generation energy crops (e.g., switchgrass, miscanthus, fast-growing wood species). Forest includes managed and unmanaged forest. Natural land includes other grassland, savannah, and shrubland. **Panel A:** This panel shows integrated assessment model (IAM)[37] results for SSP1, SSP2 and SSP5 at RCP1.9.[38] For each pathway, the shaded areas show the range across all IAMs; the line indicates the median across models. For RCP1.9, SSP1, SSP2 and SSP5 results are from five, four and two IAMs respectively. **Panel B:** Land use and land cover change are indicated for various SSP-RCP combinations, showing multi-model median and range (min, max). (Box SPM.1) {1.3.2, 2.7.2, 6.1, 6.4.4, 7.4.2, 7.4.4, 7.4.5, 7.4.6, 7.4.7, 7.4.8, 7.5.3, 7.5.6, Cross-Chapter Box 1 in Chapter 1, Cross-Chapter Box 9 in Chapter 6}

36 Representative Concentration Pathways (RCPs) are scenarios that include timeseries of emissions and concentrations of the full suite of greenhouse gases (GHGs) and aerosols and chemically active gases, as well as land use/land cover.

37 Integrated Assessment Models (IAMs) integrate knowledge from two or more domains into a single framework. In this figure, IAMs are used to assess linkages between economic, social and technological development and the evolution of the climate system.

38 The RCP1.9 pathways assessed in this report have a 66% chance of limiting warming to 1.5°C in 2100, but some of these pathways overshoot 1.5°C of warming during the 21st century by >0.1°C.

D. 단기간 내 가능한 활동

D.1 기후변화에 대한 적응과 완화를 활성화할 수 있는 장기적 대응을 지원하면서, 사막화와 토지 황폐화 및 식량 안보를 다루기 위해 기존 지식에 기반하여 단기적 조치를 취할 수 있다. 이러한 조치는 개인과 기관의 역량 구축, 지식 이전 가속화, 기술 이전과 효율적 활용 개선, 금융 메커니즘 활성화, 조기 경보 시스템 이행, 리스크 관리 착수 및 이행과 업스케일링 간의 차이를 처리하기 위한 조치를 포함한다(*높은 신뢰도*).{3.6.1, 3.6.2, 3.7.2, 4.8, 5.3.3, 5.5, 5.6.4, 5.7, 6.2, 6.4, 7.3, 7.4, 7.6, 제7장의 Cross-Chapter 박스10}

D.1.1 단기간 역량 구축, 기술 이전과 효율적 활용, 금융 메커니즘 활성화는 토지 부문에서 적응 및 완화를 강화할 수 있다. 지식과 기술 이전은 변화하는 기후에서 식량 안보를 위한 천연자원의 지속가능한 이용을 향상시키는 데 도움을 줄 수 있다(*중간 신뢰도*). 인식 제고, 역량 구축 및 지속가능한 토지관리 사례에 대한 교육, 농업 확대 및 자문 서비스, 생산자와 토지 사용자에 대한 농업 서비스 접근 확대는 토지 황폐화를 효과적으로 다룰 수 있다(*중간 신뢰도*).{3.1, 5.7.4, 7.2, 7.3.4, 7.5.4}

D.1.2 새로운 정보통신 기술(스마트폰 기반 앱, 클라우드 기반 서비스, 지상 센서, 드론 영상) 활용 확대, 기후 서비스 이용 및 토지 자원에 대한 원격 탐사 토지와 기후 정보를 이용하여 토지 황폐화와 사막화 등 토지 이용 변화 측정과 감시를 지원할 수 있다(*중간 신뢰도*). 극한 기상과 기후 현상에 대한 조기경보 시스템은 생명과 자산을 보호하고 재해 위험 경감과 관리에 아주 중요하다(*높은 신뢰도*). 계절별 예보와 조기경보 시스템은 병충해와 적응형 기후 리스크 관리 등 식량안보(기근)와 생물다양성 감시에 아주 중요하다(*높은 신뢰도*). 인간과 기관의 역량에 대한 투자 수익은 높다. 이 투자는 관측과 조기경보 시스템 및 현 수문기상학적 및 원격탐사기반 감시 시스템과 데이터에서 유래된 기타 서비스에 대한 접근뿐만 아니라 현장관측, 재고와 측량, 디지털 기술 활용 확대를 포함한다(*높은 신뢰도*).{1.2, 3.6.2, 4.2.2, 4.2.4, 5.3.1, 5.3.6, 6.4, 7.3.4, 7.4.3, 7.5.4, 7.5.5, 7.6.4, 제3장의 Cross-Chapter 박스5}

D.1.3 토지의 고유 리스크 관리 측면에서 토지관리의 틀 구축은 경관 접근법을 통한 적응, 병충해 발발에 대한 생물학적 통제, 리스크 공유와 이전 메커니즘 개선에 중요한 역할을 할 수 있다(*높은 신뢰도*). 환경 관련 리스크에 대한 정보 제공은 토지관리자의 역량을 개선시키며 적시의 의사결정을 가능하게 한다(*높은 신뢰도*).{5.3.2, 5.3.5, 5.6.2, 5.6.3, 5.6.5, 5.7.1, 5.7.2, 7.2.4, 제5장의 Cross-Chapter 박스6}

D.1.4 신규 대응 옵션의 효과성, 공동 이익과 리스크에 관한 데이터와 정보의 가용성과 접근성을 증가시키고 토지이용의 효용성을 강화하여 지속가능한 토지관리를 개선할 수 있다(*높은 신뢰도*). 몇 가지 대응 옵션(예: 토양 탄소 관리 개선)은 소규모 시범 시설에만 이행되어 왔고, 지식, 금융 및 제도적 격차와 도전은 이러한 옵션의 업스케일링 및 광범위한 효율적 활용과 함께 존재한다.{4.8, 5.5.1, 5.5.2, 5.6.1, 5.6.5, 5.7.5, 6.2, 6.4,}

D.2 기후변화 적응, 완화, 사막화, 토지 황폐화, 식량 안보를 다루기 위한 단기적 조치는 사회적, 생태학적, 경제적 및 발전 공동 이익을 가져올 수 있다(*높은 신뢰도*). 공동 이익은 취약 계층을 위한 빈곤 퇴치와 생계 회복력 강화에 기여할 수 있다(*높은 신뢰도*).{3.4.2, 5.7, 7.5}

D.2.1 지속가능한 토지관리를 촉진하기 위한 단기적인 조치는 토지와 식량 관련 취약성을 감소시키는 데 도움이 되고, 생계의 회복력을 강화할 수 있으며, 토지 황폐화와 사막화 및 생물다양성 손실을 감소시킬 수 있다(*높은 신뢰도*). 지속가능한 토지관리, 빈곤 퇴치를 위한 노력, 시장 접근, 비시장 메커니즘 및 낮은 생산성 관례의 제거 간에는 시너지 효과가 있다. 이 시너지 효과를 최대화하면 생태계의 기능과 서비스의 보존을 통한 적응, 완화, 발전의 공동 이익이 생성될 수 있다(*중간 신뢰도*). {3.4.2, 3.6.3, 표 4.2, 4.7, 4.9, 4.10, 5.6, 5.7, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 제7장의 Cross-Chapter 박스12}

D.2.2 토지 복원에 대한 투자는 전 지구적 이익을 가져올 수 있고 건조지의 경우에는 생태계 서비스 복원의 경제적 가치 추정 측면에서 볼 때 3~6의 비용편익 비율을 이끌어낼 수 있다(*중간 신뢰도*). 다수의

D. Action in the near-term

D.1 Actions can be taken in the near-term, based on existing knowledge, to address desertification, land degradation and food security while supporting longer-term responses that enable adaptation and mitigation to climate change. These include actions to build individual and institutional capacity, accelerate knowledge transfer, enhance technology transfer and deployment, enable financial mechanisms, implement early warning systems, undertake risk management and address gaps in implementation and upscaling (*high confidence*). {3.6.1, 3.6.2, 3.7.2, 4.8, 5.3.3, 5.5, 5.6.4, 5.7, 6.2, 6.4, 7.3, 7.4, 7.6, Cross-Chapter Box 10 in Chapter 7}

D.1.1 Near-term capacity-building, technology transfer and deployment, and enabling financial mechanisms can strengthen adaptation and mitigation in the land sector. Knowledge and technology transfer can help enhance the sustainable use of natural resources for food security under a changing climate (*medium confidence*). Raising awareness, capacity building and education about sustainable land management practices, agricultural extension and advisory services, and expansion of access to agricultural services to producers and land users can effectively address land degradation (*medium confidence*). {3.1, 5.7.4, 7.2, 7.3.4, 7.5.4}

D.1.2 Measuring and monitoring land use change including land degradation and desertification is supported by the expanded use of new information and communication technologies (cell phone based applications, cloud-based services, ground sensors, drone imagery), use of climate services, and remotely sensed land and climate information on land resources (*medium confidence*). Early warning systems for extreme weather and climate events are critical for protecting lives and property and enhancing disaster risk reduction and management (*high confidence*). Seasonal forecasts and early warning systems are critical for food security (famine) and biodiversity monitoring including pests and diseases and adaptive climate risk management (*high confidence*). There are high returns on investments in human and institutional capacities. These investments include access to observation and early warning systems, and other services derived from in-situ hydro-meteorological and remote sensing-based monitoring systems and data, field observation, inventory and survey, and expanded use of digital technologies (*high confidence*). {1.2, 3.6.2, 4.2.2, 4.2.4, 5.3.1, 5.3.6, 6.4, 7.3.4, 7.4.3, 7.5.4, 7.5.5, 7.6.4, Cross-Chapter Box 5 in Chapter 3}

D.1.3 Framing land management in terms of risk management, specific to land, can play an important role in adaptation through landscape approaches, biological control of outbreaks of pests and diseases, and improving risk sharing and transfer mechanisms (*high confidence*). Providing information on climate-related risk can improve the capacity of land managers and enable timely decision making (*high confidence*). {5.3.2, 5.3.5, 5.6.2, 5.6.3 5.6.5, 5.7.1, 5.7.2, 7.2.4, Cross-Chapter Box 6 in Chapter 5}

D.1.4 Sustainable land management can be improved by increasing the availability and accessibility of data and information relating to the effectiveness, co-benefits and risks of emerging response options and increasing the efficiency of land use (*high confidence*). Some response options (e.g., improved soil carbon management) have been implemented only at small-scale demonstration facilities and knowledge, financial, and institutional gaps and challenges exist with upscaling and the widespread deployment of these options (*medium confidence*). {4.8, 5.5.1, 5.5.2, 5.6.1, 5.6.5, 5.7.5, 6.2, 6.4}

D.2 Near-term action to address climate change adaptation and mitigation, desertification, land degradation and food security can bring social, ecological, economic and development co-benefits (*high confidence*). Co-benefits can contribute to poverty eradication and more resilient livelihoods for those who are vulnerable (*high confidence*). {3.4.2, 5.7, 7.5}

D.2.1 Near-term actions to promote sustainable land management will help reduce land and food-related vulnerabilities, and can create more resilient livelihoods, reduce land degradation and desertification, and loss of biodiversity (*high confidence*). There are synergies between sustainable land management, poverty eradication efforts, access to market, non-market mechanisms and the elimination of low-productivity practices. Maximising these synergies can lead to adaptation, mitigation, and development co-benefits through preserving ecosystem functions and services (*medium confidence*). {3.4.2, 3.6.3, Table 4.2, 4.7, 4.9, 4.10, 5.6, 5.7, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, Cross-Chapter Box 12 in Chapter 7}

D.2.2 Investments in land restoration can result in global benefits and in drylands can have benefit-cost ratios of between three and six in terms of the estimated economic value of restored ecosystem services (*medium confidence*). Many sustainable land management technologies and practices are profitable within three to ten years (*medium confidence*). While they can

지속가능한 토지관리 기술과 실천은 3~10년 내에 이익을 창출할 수 있다(*중간 신뢰도*). 이러한 것은 초기 투자를 요구하지만, 지속가능한 토지관리에 대한 조치는 곡물 수확량과 목초지의 경제적 가치를 개선시킬 수 있다. 토지 복원과 개선 조치는 생계 시스템을 개선하고 기후변화 적응과 완화, 생물다양성, 생태계 기능과 서비스 향상 측면에서 향후 단기적으로는 양(+)의 경제적 수익과 장기적 이익을 제공한다. {3.6.1, 3.6.3, 4.8.1, 7.2.4, 7.2.3, 7.3.1, 7.4.6, 제7장의 Cross-Chapter 박스10}

D.2.3 지속가능한 토지관리 실천과 기술에 대한 초기 투자는 USD 20 ha^{-1} 에서 USD 5000 ha^{-1}까지 가능하며, 중간값은 약 USD 500 ha^{-1}일 것으로 예상된다. 정부의 지원과 신용 거래에 대한 접근 개선은 특히 빈곤한 소규모 자작농가가 직면한 채택의 장벽을 극복하는데 도움을 줄 수 있다(*높은 신뢰도*). 균형식(SPM B6.2 참고) 에 대한 단기적 변화는 토지에 대한 압박을 감소시킬 수 있고 영양소 개선을 통해 건강에 대한 상당한 공동 이익을 제공할 수 있다(*중간 신뢰도*). {3.6.3, 4.8, 5.3, 5.5, 5.6, 5.7, 6.4, 7.4.7, 7.5.5, 제6장의 Cross-Chapter 박스9}

D.3 도전적인 완화 경로를 따르는 모든 부문에서 인위적 GHG 배출의 신속한 감소는 육상 생태계와 식량 시스템에 대한 기후변화의 부정적 영향을 감소시킨다(*중간 신뢰도*). 다수 부문에서 기후 완화와 적응 대응을 지연시킨다면 토지에 부정적 영향을 가중시킬 수 있으며 지속가능한 발전에 대한 전망은 감소하게 된다(*중간 신뢰도*). (박스 SPM.1, 그림 SPM.2) {2.5, 2.7, 5.2, 6.2, 6.4, 7.2, 7.3.1, 7.4.7, 7.4.8, 7.5.6, 제6장의 Cross-Chapter 박스 9, 제7장의 Cross-Chapter 박스10}

D.3.1 다수 부문에서 조치가 지연되어 토지 기반 적응과 완화 옵션의 광범위한 효율적 활용의 필요성이 증가하고 있으며, 세계 대부분의 지역에 이 옵션의 배치 잠재성이 감소할 수 있고, 현재 및 향후 그 효과성이 제한될 수 있다(*높은 신뢰도*). 지금 행동에 옮기면 손실과 위험을 방지하거나 감소시킬 수 있으며, 사회에 이익을 가져올 수 있다(*중간 신뢰도*). 지역에 따라 지속가능한 토지관리와 지속가능한 발전에 맞추어 조정되는 기후 완화와 적응에 대해 신속한 조치를 취한다면 기후극한, 사막화, 토지 황폐화, 식량과 생계의 불안정으로 인해 수 백만의 사람들에게 닥친 리스크를 감소시킬 수 있다(*높은 신뢰도*) {1.3.5, 3.4.2, 3.5.2, 4.1.6, 4.7.1, 4.7.2, 5.2.3, 5.3.1, 6.3, 6.5, 7.3.1}

D.3.2 미래 시나리오에서 GHG 배출 감소의 지연은 온도 상승과 관련된 비용과 리스크를 상당히 증가시킬 수 있는 상충 관계를 나타낸다(*중간 신뢰도*). 토양 내 유기 탄소 증가 등 기후변화가 심해지면서 몇 가지 대응 옵션의 잠재성이 감소하는데, 이는 토양이 고온에서 탄소 격리를 위한 흡수원으로서의 역량이 감소하였기 때문이다(*높은 신뢰도*). 토지 황폐화 방지 또는 감소와 긍정적인 생태계 복원 증진의 지연은, 농업과 방목장의 급격한 생산성 감소, 영구동토의 황폐화, 이탄지의 재습윤성의 어려움 등 장기적 영향을 위태롭게 한다(*중간 신뢰도*) {1.3.1, 3.6.2, 4.8, 4.9, 4.9.1, 5.5.2, 6.3, 6.4, 7.2, 7.3, 제7장의 Cross-Chapter 박스10}

D.3.3 모든 부문에서 GHG 배출 감소 지연은 식량, 보건, 주거 가능 정주지 및 생산에 필요한 육상생태계의 기능과 서비스에 대한 비가역적 손실 등 상충 관계를 암시하며, 결과적으로 전세계 수많은 지역의 다수 국가에 중대한 경제적 영향을 점차 미치게 된다(*높은 신뢰도*). 높은 배출 시나리오에서 가정된 바와 같이 조치의 지연은 일부 생태계에 돌이킬 수 없는 영향을 끼치게 되고, 이는 장기적으로 지구 온난화를 가속시킬 수 있는 생태계로부터 상당량의 추가적인 GHG배출을 초래할 수 있다(*중간 신뢰도*). {1.3.1, 2.5.3, 2.7, 3.6.2, 4.9, 4.10.1, 5.4.2.4, 6.3, 6.4, 7.2, 7.3, 제6장의 Cross-Chapter 박스9, 제7장의 Cross-Chapter 박스10}

require upfront investment, actions to ensure sustainable land management can improve crop yields and the economic value of pasture. Land restoration and rehabilitation measures improve livelihood systems and provide both short-term positive economic returns and longer-term benefits in terms of climate change adaptation and mitigation, biodiversity and enhanced ecosystem functions and services (*high confidence*). {3.6.1, 3.6.3, 4.8.1, 7.2.4, 7.2.3, 7.3.1, 7.4.6, Cross-Chapter Box 10 in Chapter 7}

D.2.3 Upfront investments in sustainable land management practices and technologies can range from about USD20 ha^{-1} to USD5000 ha^{-1}, with a median estimated to be around USD500 ha^{-1}. Government support and improved access to credit can help overcome barriers to adoption, especially those faced by poor smallholder farmers (*high confidence*). Near-term change to balanced diets (SPM B6.2.) can reduce the pressure on land and provide significant health co-benefits through improving nutrition (*medium confidence*). {3.6.3, 4.8, 5.3, 5.5, 5.6, 5.7, 6.4, 7.4.7, 7.5.5, Cross-Chapter Box 9 in Chapter 6}

D.3 Rapid reductions in anthropogenic GHG emissions across all sectors following ambitious mitigation pathways reduce negative impacts of climate change on land ecosystems and food systems (*medium confidence*). Delaying climate mitigation and adaptation responses across sectors would lead to increasingly negative impacts on land and reduce the prospect of sustainable development (*medium confidence*). (Box SPM.1, Figure SPM.2) {2.5, 2.7, 5.2, 6.2, 6.4, 7.2, 7.3.1, 7.4.7, 7.4.8, 7.5.6, Cross-Chapter Box 9 in Chapter 6, Cross-Chapter Box 10 in Chapter 7}

D.3.1 Delayed action across sectors leads to an increasing need for widespread deployment of land-based adaptation and mitigation options and can result in a decreasing potential for the array of these options in most regions of the world and limit their current and future effectiveness (*high confidence*). Acting now may avert or reduce risks and losses, and generate benefits to society (*medium confidence*). Prompt action on climate mitigation and adaptation aligned with sustainable land management and sustainable development depending on the region could reduce the risk to millions of people from climate extremes, desertification, land degradation and food and livelihood insecurity (*high confidence*). {1.3.5, 3.4.2, 3.5.2, 4.1.6, 4.7.1, 4.7.2, 5.2.3, 5.3.1, 6.3, 6.5, 7.3.1}

D.3.2 In future scenarios, deferral of GHG emissions reductions implies trade-offs leading to significantly higher costs and risks associated with rising temperatures (*medium confidence*). The potential for some response options, such as increasing soil organic carbon, decreases as climate change intensifies, as soils have reduced capacity to act as sinks for carbon sequestration at higher temperatures (*high confidence*). Delays in avoiding or reducing land degradation and promoting positive ecosystem restoration risk long-term impacts including rapid declines in productivity of agriculture and rangelands, permafrost degradation and difficulties in peatland rewetting (*medium confidence*). {1.3.1, 3.6.2, 4.8, 4.9, 4.9.1, 5.5.2, 6.3, 6.4, 7.2, 7.3; Cross-Chapter Box 10 in Chapter 7}

D.3.3 Deferral of GHG emissions reductions from all sectors implies trade-offs including irreversible loss in land ecosystem functions and services required for food, health, habitable settlements and production, leading to increasingly significant economic impacts on many countries in many regions of the world (*high confidence*). Delaying action as is assumed in high emissions scenarios could result in some irreversible impacts on some ecosystems, which in the longer-term has the potential to lead to substantial additional GHG emissions from ecosystems that would accelerate global warming (*medium confidence*). {1.3.1, 2.5.3, 2.7, 3.6.2, 4.9, 4.10.1, 5.4.2.4, 6.3, 6.4, 7.2, 7.3, Cross-Chapter Box 9 in Chapter 6, Cross-Chapter Box 10 in Chapter 7}

Climate Change and Land

Summary for Policymakers

기후변화와 토지

정책결정자를 위한 요약본

발 행 : 기상청
발행일 : 2019년 12월
편 집 : 기상청 기후과학국 기후정책과
발간등록번호 : 11-1360000-001635-01

전 화 02-2181-0403
팩 스 02-2181-0496
이 메 일 clpol@korea.kr
Website www.climate.go.kr